

تصميم وإدارة نظم الري الحقلية Design and Management of Field Irrigation Systems

تأليف

أ.د. سمير محمد إسماعيل

أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية
كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الطبعة الأولى

٢٠٠٢

منشأة
توزيع المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه

تصميم وإدارة نظم الري الحقلية
Design and Management of
Field Irrigation Systems

أ.د. سمير محمد إسماعيل

توزيع منشأة المعارف بالإسكندرية



المؤلف: الأستاذ الدكتور / سمير محمد إسماعيل
أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية - كلية الزراعة -
جامعة الإسكندرية

• مواليد الإسكندرية في ١٩٥٢/٩/٣.

• حاصل علي بكالوريوس هندسة زراعية - جامعة الإسكندرية
- سنة ١٩٧٥ بدرجة امتياز مع مرتبة الشرف.

• معيد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٧٥-١٩٨٠.

• حاصل علي ماجستير في الهندسة الزراعية سنة ١٩٨٠.

• مدرس مساعد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٠-١٩٨٤.

• حاصل علي دكتوراه في هندسة الري من كلية الهندسة جامعة ولاية مونتانا الأمريكية ١٩٨٤.

• مدرس بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٤-١٩٨٩.

• أستاذ مساعد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٩-١٩٩٤.

• أستاذ بقسم الهندسة الزراعية من ١٩٩٤- وحتى الآن.

• السفر في إعاره لقسم الهندسة الزراعية - جامعة الملك سعود فرع القصيم من ١٩٨٧ لمدة
خمس سنوات.

• عضو الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين ASAE.

• له العديد من الأبحاث والتقارير والنشرات الإرشادية في مجال نظم الري.

• الإشراف علي طلبة الدراسات العليا لدرجة الماجستير والدكتوراه.

• شارك في العديد من المؤتمرات والندوات والحلقات الدراسية.

• مستشارا للري بمركز تنمية الصحراء التابع للجامعة الأمريكية بالقاهرة AUC/DDC من سنة
١٩٩٤ وحتى الآن.

• مستشارا لمكون إدارة المياه بمشروع الإيفاد IFAD (مشروع الخدمات الزراعية بالأراضي
الجديدة) بالنوبارية منذ سنة ١٩٩٤ وحتى انتهاء المشروع في ٢٠٠٠/١٢/٣١.

• مستشارا لنظم الري الحقلية بمشروع البستان للتنمية الزراعية لدي الاتحاد الأوروبي (٢٠٠٢).

• له العديد من الخبرات في تصميم نظم الري المتطور وتقييمها وإدارتها والاحتياجات المائية
وجدولة نظم الري واتحادات مستخدمي المياه ودراسات الجدوى والدورات التدريبية في نظم الري
وري الحدائق والمسطحات الخضراء.

• قام بمهام استشارية عديدة لعدد من الشركات والمؤسسات الدولية.

• قام بتدريس العديد من المقررات الدراسية في نظم الري السطحي والرش والتنقيط وهيروليكيا
المضخات وهندسة الري والصرف والمساحة والبرمجة باستخدام الحاسب الآلي.

تصميم وإدارة نظم الري الحقلية

Design and Management of Field Irrigation Systems

تأليف

أ.د. سمير محمد إسماعيل
أستاذ نظم الري بقسم الهندسة الزراعية
كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

الطبعة الأولى
٢٠٠٢

توزيع منشأة المعارف بالإسكندرية
جلال حزي وشركاه

اسم الكتاب : تصميم وإدارة نظم الري الحقلية
اسم المؤلف : أ.د. سمير محمد إسماعيل
رقم الإيداع : ١٦٠٧٤ / ٢٠٠٢
الترقيم الدولي : ١ - ١٠٧٥ - ٠٣ - ٩٧٧
طباعة : مركز الدلتا للطباعة.

٢٤ شارع الدلتا سيورتنج اسكندرية. ٥٩٠١٩٢٣ : ٥ (٠٣)

الماء سر الحياة



بسم الله الرحمن الرحيم

" وجعلنا من الماء كل شيء حي "

صدق الله العظيم

سورة الأنبياء الآية ٣ .

بسم الله الرحمن الرحيم

" وتري الأرض هامدة فإذا أنزلنا عليها الماء اهتزت وربت وانبتت

من كل زوج بهيج "

صدق الله العظيم

سورة الحج الآية ٥ .

محتويات الكتاب

الصفحة

	مقدمة	
١	الفصل الأول : تخطيط نظام الري	
٥	الفصل الثاني : مصادر مياه الري	
١٩	الفصل الثالث : إدارة المياه في الزراعات المروية	
٤١	الفصل الرابع : نوعية مياه الري	
٥٥	الفصل الخامس : الاستهلاك المائي	
٨١	الفصل السادس : معامل المحصول	
١١٩	الفصل السابع : الاحتياجات المائية للمحاصيل	
١٨٩	الفصل الثامن : جدولة الري	
٢٥٥	الفصل التاسع : قياس تصرف المياه	
٣١١	الفصل العاشر : الري السطحي	
٣٤٧	الفصل الحادي عشر : الري بالرش	
٤١٥	الفصل الثاني عشر : تصميم نظم الري بالرش	
٥٠١	الفصل الثالث عشر : تصميم نظام الري بالرش المحوري	
٥٢٣	الفصل الرابع عشر : الري بالتنقيط	
٥٨١	الفصل الخامس عشر : تصميم نظم الري بالتنقيط	
٦٢٩	الفصل السادس عشر : التحليل الاقتصادي لنظم الري	
٦٣٧	المراجع	

مقدمة

تواجه مصر القرن الواحد والعشرين بمشكلة محدودية المياه حيث يستمر تناقص نصيب الفرد من المياه عن حد الفقر العالمي وهو ١٠٠٠ م^٣ للفرد في العام ويرجع ذلك إلى زيادة عدد السكان وثبات موارد المياه. وتستهلك الزراعة حوالي ٨٥% من نصيب مصر من مياه نهر النيل البالغ ٥٥,٥ مليار م^٣ سنويا حسب اتفاقية مصر والسودان سنة ١٩٥٩. لذلك فلن ترشيد استخدام المياه في الزراعة في داخل نطاق المزرعة يوفر قدر كبير من المياه يمكن استخدامه في زراعة مساحات إضافية من الأرض علاوة على المحافظة على المياه من التلوث وتدهور التربة وارتفاع مستوي الماء الأرضي وزيادة تكاليف الطاقة اللازمة لرفع المياه الزائدة.

شهدت نظم الري الحقلية في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا جعل ترشيد المياه مع استخدام الري المتطور أمرا ممكنا. فقد تحولت نظم الري الحقلية من فن إلى علم له قواعده وأصوله ويدرس في دور العلم المختلفة. إلا أن علم نظم الري الحقلية يعتبر من العلوم التطبيقية الحقلية التي تعتمد على كل من العلوم الهندسية والزراعية ومن هنا تأتي صعوبة الإلمام بكل نواحي هذا العلم حيث أن العلوم الهندسية يدرسها الطالب في كليات الهندسة والعلوم الزراعية يدرسها الطالب في كليات الزراعة. ومن هذا المنطلق أنشأت أقسام الهندسة الزراعية بحيث يدرس الطالب العلوم الهندسية المرتبطة بكلية الهندسة والعلوم الزراعية المرتبطة بكلية الزراعة ثم تأتي علوم الهندسة الزراعية المختلفة ويكون الطالب قد أعد لها إعدادا جيدا فيسهل عليه استيعابها. وهذا يفسر وجود بعض أقسام الهندسة الزراعية في كليات الزراعة والبعض الآخر في كليات الهندسة وذلك في جامعات الولايات المتحدة الأمريكية.

"ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ، ربنا ولا تحمل علينا أصرا كما حملته
علي الذين من قبلنا ربنا ولا تحملنا ما لا طاقة لنا به، واعف عنا وأغفر لنا
وارحمنا أنت مولانا فانصرنا علي القوم الكافرين "

صدق الله العظيم

سورة البقرة - الجزء الثالث الآية ٢٨٦

المؤلف

أ.د. سمير محمد إسماعيل

ويحتوي هذا الكتاب علي الجوانب النظرية والتطبيقية لنظم الري بالإضافة إلى
خبرة المؤلف في التدريس والتدريب والبحث والإرشاد وعمله كمستشار لعديد
من الشركات والمشاريع الزراعية الكبرى بالإضافة إلى إلمامه بنظم الري في
الأراضي الصحراوية الجديدة. ولذلك فيعتبر هذا الكتاب منهجا لتدريس نظم
الري لطلاب مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا سواء لكليات الزراعة أو
الهندسة. كما يعتبر هذا الكتاب مفيدا من الناحية التطبيقية للخريجين العاملين
في مجال الزراعة أو حائزين الأراضي الصحراوية والجديدة. كذلك يعتبر هذا
الكتاب مهما لكافة المستثمرين في الأراضي الصحراوية والجديدة. ولهذا فقد
روعي بقدر الإمكان استقلالية فصول الكتاب بمعنى إذا كان القارئ يهمله الري
بالتنقيط فيمكنه الذهاب مباشرة وقراءة هذا الفصل دون المرور علي بقية
فصول الكتاب. وكذلك روعي التدرج في المعلومات فمثلا يمكن للفرد غير
المتخصص قراءة فصل وصفي عن الري بالتنقيط دون الدخول في فصل
تصميم الري بالتنقيط الذي قد يكون غير مهم بالنسبة له ويكون مهم لغيره
وهكذا.

ويحتوي هذا الكتاب علي الجوانب المتعلقة بتخطيط وتصميم وتشغيل وتقييم
نظم الري المختلفة بالإضافة إلى احتوائه علي التحليل الاقتصادي لنظم الري.
وقد روعي أيضا أن يتضمن الكتاب الجزء الخاص بري الحدائق والمساحات
الخضراء Landscape Irrigation .

كما يحتوي الكتاب علي شرح وافٍ لموضوع الاستهلاك المائي للمحاصيل
وجدولة الري ونوعية مياه الري بالإضافة إلى موضوع قياس تصرف المياه
لما لأهمية هذا الموضوع في إدارة نظم الري وترشيد استخدام المياه. أما
المضخات والقنوات المكشوفة فقد قام المؤلف بتخصيص كتاب منفرد عنها تم
إصداره سنة ٢٠٠١ تحت عنوان " هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة "

ونسأل الله سبحانه وتعالى التوفيق والسداد

تخطيط نظام الري

Irrigation System Planning

لنجاح أي نوع من نظم الري لابد من تخطيطه بعناية. وعملية التخطيط تشمل كل من العوامل الطبيعية والإدارية.

أولاً: العوامل الطبيعية Physical factors

أ- أبعاد وشكل المساحة المطلوب ريها Size and shape of design area

لابد من وجود خريطة جيدة للمساحة وفي حالة عدم وجودها فمن الضروري عمل خريطة مساحية.

ب- طبوغرافية المنطقة Topography

تستخدم الخريطة الطبوغرافية في تحديد أماكن خطوط الري وقدرة المضخة المطلوبة بالإضافة إلى أهميتها في تصميم نظم الري السطحي ونظم الصرف وذلك بتحديد أماكن المراوي والمصارف والتسوية Land grading.

ج- التربة Soils

لابد من توافر معلومات عن خواص التربة في المنطقة ومنها

- سطح التربة Soil surface . فبناء وقوام سطح التربة يحدد معدل تسرب المياه.
- قطاع التربة Soil profile . عمق قطاع التربة وسعة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة Moisture holding capacity .
- وجود طبقات صماء في قطاع التربة تعوق تعمق الجذور وحركة المياه.
- كيمياء التربة Soil chemistry . فوجود زيادة في الأملاح الذائبة يسبب انخفاض في إنتاجية المحاصيل. ووجود الصوديوم بدرجة زائدة يسبب هدم بناء التربة ويحد من حركة المياه فيها.
- د- مصادر المياه Water supplies
- يجب معرفة أين توجد المياه وكميتها المتاحة للاستخدام وأيضا يجب اعتبار النقاط التالية:-
- توافر الكمية مع الزمن Quantity as function of time
- نوعية المياه Water quality
- تكلفة المياه من ناحية التكلفة المطلوبة للرفع أو لضخ المياه pumping costs
- النواحي القانونية Legal aspects كأن يكون من غير المصرح به استخدام المياه في الري السطحي مثلا.
- هـ- الظروف الجوية Climatic conditions
- طول موسم النمو length of growing season
- درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح الخ من بيانات الأرصاد المطلوبة لحساب أقصى استهلاك مائي للمحاصيل.
- اتجاه الرياح السائدة في المنطقة لإمكان تخطيط اتجاهات خطوط الري في حالة استخدام الرش Laying out sprinkler system

ثانياً: العوامل الإدارية Management factors

- أ- المحاصيل والدورات الزراعية المتبعة في المنطقة الحالية والمستقبلية. Cropping practices, both present and future
- عمق الجذور للمحاصيل المختلفة وأقصى احتياج مائي يومي لها Crops vary considerably as to rooting depth, peak water requirements, etc.
- يصمم نظام الري بحيث يستوعب الدورات الزراعية المختلفة والمساحات المختلفة للمحاصيل واحتياجها المائي. System should allow for changes in rotation, area of high water use crops, etc.
- ب- عمليات الزراعة والخدمة والحصاد Cultural and harvesting operations فمعظم هذه العمليات تحتاج إلى موائمة بينها وبين الري Coordinated with irrigations
- ج- العمالة Labor
- تكاليف العمالة المتاحة في المنطقة Costs
- توافر العمالة خلال موسم النمو Availability during growing season
- تختلف العمالة المطلوبة من حيث المهارة والمقدار حسب نظام الري Skill requirements and amount of labor vary with type of irrigation
- وتوضح خريطة المسار التالية خطوات تخطيط وتصميم نظم الري Irrigation systems planning and design

مصادر مياه الري

إن الهدف الأساسي للري والذي تسعى إليه الدولة هو الاستغلال الأمثل للموارد المائية والحفاظ عليها كما ونوعا لتحقيق أكبر عائد اجتماعي اقتصادي قومي دون التأثير السلبي على المنظومة البيئية المرتبطة باستخدام المياه حاليا ومستقبلا مع ضمان سبل التنمية المتواصلة.

هل يعتبر موقع مصر الجغرافي بالنسبة لمواردها المائية متميزا؟

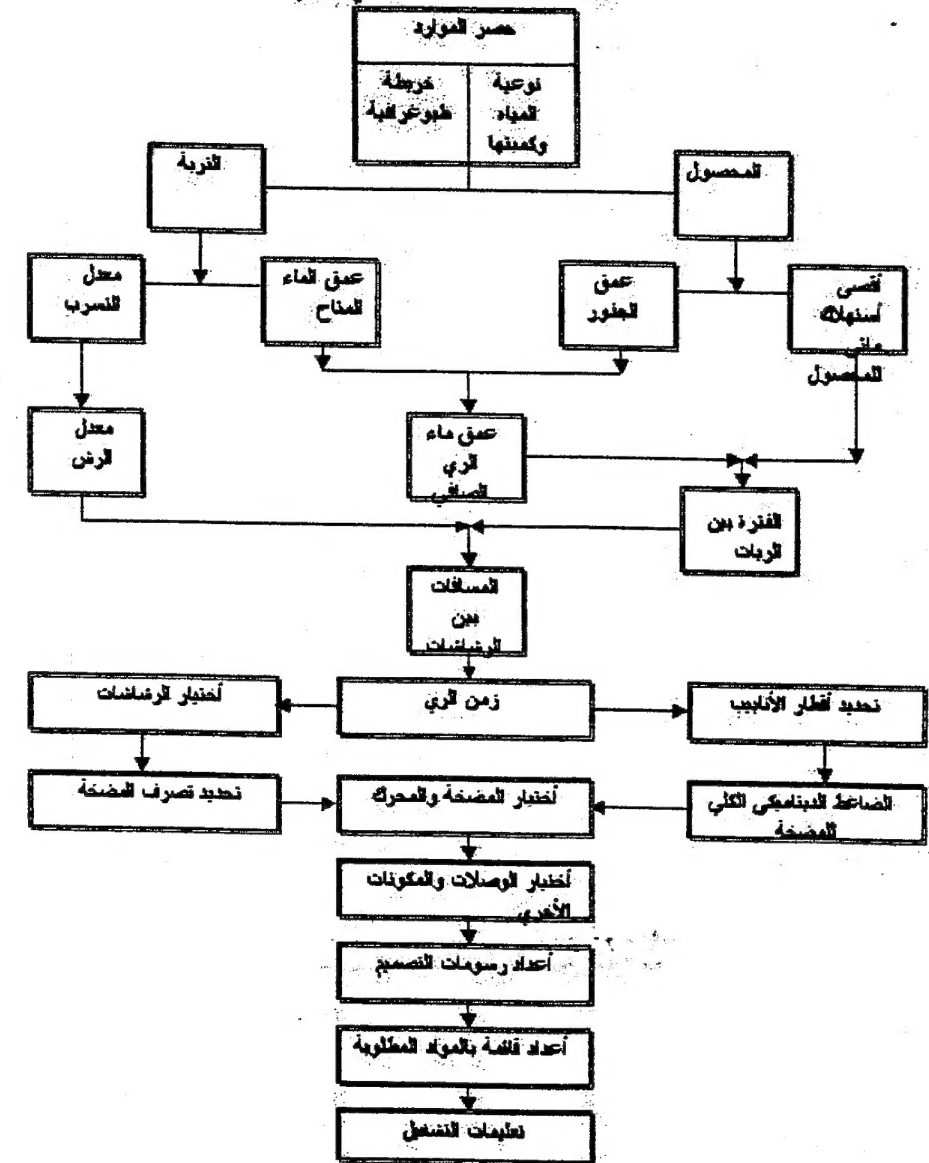
موقع مصر الجغرافي بالنسبة لمواردها المائية لايعتبر متميزا بل على العكس فهي دولة المصب الأخير لنهر النيل وهي بذلك تتلذز سلبا لو إيجليا بكل ما يحدث في أحبال هذا النهر من إهدار للموارد المائية وفقدانها دون الاستفادة منها أو على النقيض من ذلك في حالة تنمية هذه الموارد والعمل على حسن استغلالها لصالح جميع الدول التي تستخدمها.

ونظرة إلى خريطة مصر الجغرافية نجد أن المساحة الكلية لها تبلغ حوالي

مليون كيلو متر مربع (٢٣٨ مليون فدان)، تقدر مساحة الأراضي المنزرعة بها حوالي ٨ مليون فدان (حوالي $0.0336 = \frac{8 \times 10^6 \times 4200}{10^{12}}$ $\% 3,36$ من

المساحة الكلية) تتمثل تقريبا في الشريط الضيق الملاصق لمجرى النيل والدلتا

خطوات تخطيط وتصميم نظم الري بالرش



ومن ثم فإن نصيب الفرد بمصر من الأراضي المنزرعة يبلغ حوالي ٠,١٢١ فدان ($\frac{8 \times 10^6}{66 \times 10^6} = 0.121$) وهو نصيب ضئيل إذا ما قورن بمثيله في كثير من بلدان

للعالم النامية.

حصة مصر من إيراد نهر النيل:

في ضوء تقديرات الموارد المائية فإن حصة مصر من إيراد نهر النيل تبلغ ٥٥,٥ مليار متر مكعب كما حددتها اتفاقية مياه النيل بين مصر والسودان عام ١٩٥٩. وتستهلك مصر حوالي ٨٥% من حصتها في الأغراض الزراعية - بينما تستهلك الباقي في الأغراض الأخرى من شرب وصناعة وملاحة وخلافة.

خط الفقر المائي:

درج خبراء المياه على تسمية مستلزمات الإنسان من المياه وهي ١٠٠٠ متر مكعب من الماء في العام بحد الفقر المائي، ولهذا الرقم علاقة بأرقام أخرى يتناولها المهتمون بشئون المياه على المستويات المحلية والعالمية.

فمن المعروف أن الفرد يحتاج إلى متر مكعب واحد من المياه لأغراض الشرب سنوياً وحوالي ١٠٠ م^٣ لأغراض الاستهلاك المنزلي والعام وحوالي ١٠٠ م^٣ للمتطلبات الصناعية بالإضافة إلى ٨٠٠ م^٣ سنوياً لمتطلبات الفرد من السرعات الحرارية متمثلة في احتياجات الفرد لإنتاج النشويات والخضراوات والفاكهة والمحاصيل الزيتية والبقول وأعلاف الحيوانات وخلافه وبإضافة هذه الكميات من المياه اللازمة لاحتياجات الفرد السنوية نجد أنها تساوي حوالي ١٠٠٠ متر مكعب سنوياً ولذلك يطلق على هذا الرقم بخط أو حد الفقر المائي.

نصيب الفرد في مصر من إيراد نهر النيل:

يبلغ نصيب الفرد من إيراد نهر النيل لكافة الأغراض استخدام المياه حوالي

$$= \frac{55,5 \times 10^9 \text{ م}^3}{841 \text{ م}^3}$$

$$66 \times 10^6 \text{ نسمة}$$

في العلم أي ما يعادل ٢,٣ متر مكعب في اليوم حيث يبلغ تعداد السكان حالياً حوالي ٦٦ مليون نسمة ويعتبر نصيب الفرد من المياه في مصر أقل من حد الفقر العالمي المسموح به وهو ١٠٠٠ م^٣ للفرد في السنة وبذلك تعتبر المياه في مصر محدودة وتتصف بالندرة في حين حصة الفرد في الولايات المتحدة ١٠ آلاف م^٣ سنوياً وفي تركيا ٤٠٠٠ م^٣ سنوياً وفي سوريا ٢٨٠٠ م^٣ سنوياً. وإذا ما أردنا المحافظة على هذا القدر الضئيل من نصيب الفرد من الموارد المائية وأيضاً من مساحة الأراضي الزراعية فإن الأمر يقتضي ضرورة السير في الاتجاهات التالية على نحو متوازٍ.

ما يجب عمله للمحافظة على نصيب الفرد من الموارد المائية والأرضية؟

- ١- العمل على زيادة الإنتاج من الأراضي المنزرعة حالياً بتطوير طرق الري المختلفة وتحسين كفاءة الري الحقلية وكفاءة توصيل المياه بالمجاري المائية وتوفير الصرف الجيد للأراضي والعناية بالعمليات الزراعية من انتقاء للبذور والحزمة الجيدة والتسميد الملائم وخلافه.
- ٢- ضرورة التوسع الأفقي وزيادة الرقعة الزراعية باستصلاح المزيد من الأراضي الصحراوية والبور للخروج من الوادي الضيق ذو الكثافة السكانية الزائدة. حيث تقتضي خطة الدولة إضافة ١٥٠ ألف فدان سنوياً للرقعة الزراعية.
- ٣- ضرورة توفير بعض الموارد المائية المتجددة بطرق غير تقليدية مثل تحلية مياه البحر من البحار والبحيرات ... وإيضاً معالجة مياه الصرف الصحي والصرف الزراعي لإعادة استخدامها في أغراض الري.

ما هي العناصر الرئيسية للموارد المائية في مصر؟

تتصدر الموارد المائية في مصر في أربعة عناصر رئيسية هي:

- مياه النيل
- الأمطار والسيول

المياه الجوفية

تحلية مياه البحر

وتعتبر مياه النيل المورد الأساسي للمياه السطحية العذبة في مصر حيث أن معدل الأمطار السنوية التي تسقط على الأجزاء الشمالية من مصر يتراوح بين ٢٠٠ مم عند الإسكندرية ويقل كلما اتجهنا جنوبا ليصل إلى حوالي ٢٥ مم عند القاهرة مما يضع مصر في نطاق المناطق الجافة التي يقل فيها مجموع الأمطار السنوية عن ٢٥٠ مم في السنة ولذا فإن كميات الأمطار القليلة لا يمكن الاعتماد عليها كمورد ثابت للمياه وذلك برغم قيام بعض الزراعات المطرية في سيناء وفي الساحل الشمالي غرب الإسكندرية حيث تسهم الأمطار في توفير جزء يسير من احتياجات الزراعة يقدر بحوالي ١ مليار متر مكعب سنويا في المتوسط.

وعلى الجانب الآخر فإن السيول التي تسببها العواصف المطرية قصيرة الزمن على مناطق البحر الأحمر وجنوب سيناء يمكن حصاد مياهها والاستفادة منها لما بشحن الخزانات الجوفية المحلية أو لأغراض الشرب والري مباشرة وكذلك للحد من آثارها المدمرة.

المياه الجوفية في الصحاري وسيناء

يشمل حوض الصحراء الغربية مناطق الواحات بالوادي الجديد ومنطقة شرق العوينات ويقدر المخزون في خزان الحجر الرملي النوبي بحوالي ٢٠٠,٠٠٠ مليار متر مكعب من المياه العذبة ونظرا لأن هذا الخزان عميق وغير متجدد فإن الكمية التي يمكن استغلالها تتوقف على تكاليف رفع المياه واستخدام الطاقة وتكاليف إنشاء الآبار بحيث يمكن الحصول على عائد اقتصادي يتناسب مع هذه التكاليف.

تحلية مياه البحر:

تعتبر تكلفة هذا النوع من الموارد عالية بالمقارنة بالموارد الأخرى حيث تتراوح تكلفة تحلية المتر المكعب ما بين ٣ إلى ٧ جنيهات ولكن إذا أخذنا في

الاعتبار البدائل المطروحة لتغذية المناطق النائية بالمياه العذبة مثل نقل مياه النيل في خطوط مواسير أو إقامة سدود لتجميع مياه السيول فيسوفيتصلح إمكانية الانتفاع بالتكنولوجيا الحديثة لتحلية مياه البحر في أغراض الشرب والصناعة والتشجير وقد ظهرت فعلا مبادرات محدودة في محافظات البحر الأحمر والساحل الشمالي لتحلية مياه البحر لإمداد القرى السياحية بمياه الشرب ولكن استخدام هذه المياه لأغراض الري يعتبر غير اقتصادي في الوقت الراهن. مصادر المياه الغير تقليدية في مصر:

- ١- المياه الجوفية بالوادي والدلتا.
 - ٢- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي.
 - ٣- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.
- وجدير بالذكر أن هذه المصادر الغير تقليدية لا تعتبر من الموارد المائية المستقلة ولا يمكن أن تضاف إلى حصة مصر من المياه العذبة وإنما هي في الحقيقة إعادة لاستخدام الموارد الأصلية (مياه النيل) بطريقة تزيد من كفاءة هذا الاستخدام. وكما زادت عدد مرات إعادة الاستخدام ارتفعت الكفاءة الكلية لاستخدام المياه على المستوى القومي. إن معالجة مياه الري وإعادة استخدامها في مناطق الري تعتبر لخزان الجوفي بوادي النيل والدلتا من الخزانات الجوفية المتجددة والتي يتم تجديدها عن طريق الرشح من النيل الرئيسي وشبكة الري والصرف. وأيضا من التسرب العميق من ري الأراضي الزراعية لذلك يمكن استخدام هذا الخزان كمخزون استراتيجي يتم السحب منه خلال فترات أقصى الاحتياجات ويعاد شحنه مرة أخرى خلال فترات أقل الاحتياجات. وعلى هذا فإن الخزان لا يمكن اعتباره موردا منفردا للمياه لطبيعة اتصاله بوادي النيل.
- ويصل الاستخدام الحالي للمياه الجوفية بوادي النيل والدلتا إلى حوالي ٤,٨ مليار متر مكعب وهي في حدود السحب الآمن للخزان الذي يبلغ حوالي ٧,٥ مليار متر مكعب حسب تقديرات معهد بحوث المياه الجوفية.

إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي:

تمثل مياه الصرف الزراعي نسبة كبيرة من إجمالي الإيراد السنوي من المياه (حوالي ٢٥-٣٠%) وهي تشمل احتياجات غسيل التربة من الأملاح بالإضافة إلى فواقد التسرب من شبكة الري والصرف وأيضا تصريف نهايات الترعة التي لم يتم استخدامها. ويتم استعادة مياه الصرف مرة أخرى إلى النيل في منطقة الوجه القبلي حيث يعاد استخدامها تلقائيا بعد خلطها بمياه النيل للأغراض المختلفة وتقدر بحوالي ٤,٠٧ مليار متر مكعب سنويا.

هذا بالإضافة إلى إعادة استخدام مياه محطات الرفع من المصارف إلى الترعة كما يقوم المزارعين باستخدام مياه المصارف مباشرة في ري أراضيهم خاصة في نهايات الترعة وقد تم تقدير هذه الكمية بحوالي ٢,٨ مليار متر مكعب. وترداد ملوحة مياه الصرف تدريجيا بالاتجاه شمالا وذلك لتكرار استخدامها بالإضافة إلى وجود تداخل لمياه البحر بمنطقة شمال الدلتا يؤدي إلى تسرب مياه ذات ملوحة عالية جدا إلى المصارف، وتقدر هذه الكمية بحوالي ٢ مليار متر مكعب يتم التخلص منها ضمن مياه الصرف الزراعي ترفع إلى البحر والبحيرات الشمالية وذلك للحفاظ على التوازن الملحي لمنطقة الدلتا.

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي للمعالجة:

تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أحد الحلول المقترحة لندرة المياه العذبة والتي تعتبر العامل الأول المحدد للتوسع الزراعي ويمثل استخدام مياه الصرف في إنتاج الأشجار الخشبية أسلوبا له أهميته في مواجهة نقص المياه في البلاد التي تعاني من هذه المشكلة حيث تعد الأشجار الخشبية من أهم المحاصيل التي يمكن استغلال مياه الصرف الصحي في ريها لأن إنتاجها لا يخشى تلوثه فهي تعتبر بمثابة مصفاة تعمل على امتصاص الكثير من العناصر السامة كما

لها أحد البدائل الفعلية للتخلص من مياه الصرف الصحي بطريقة آمنة للحد من تلوث البيئة.

يتم استخدام مياه الصرف الصحي بغرض ري الأراضي الزراعية حيث تمت زراعة حوالي ٢٥٠٠ فدان بمنطقة الجبل الأصفر شمال شرق القاهرة وتبلغ كمية مياه الصرف التي يتم معالجتها ٠,٧ مليار متر مكعب.

شبكة توزيع المياه في مصر:

مصدر توزيع المياه: هو بحيرة ناصر في أقصى الجنوب.

شبكة الترعة في مصر متعددة الدرجات تبدأ بقنوات الدرجة الأولى التي تغذى من نهر النيل أو فرعيه مباشرة والتي يطلق عليها اسم الرياحات ثم تنفرع منها ترعة الدرجة الثانية وهكذا حتى يصل عدد هذه الدرجات إلى ثمانى في بعض الأحيان قبل أن تنتهي إلى ترعة التوزيع التي يرفع منها المزارع المياه مباشرة إلى المساقى الخصوصية لري حقولهم. مع العلم بأن ٩٠% من المزارعين حيازتهم أقل من ٢ فدان.

ويبلغ إجمالي أطوال هذه الشبكة بدون المساقى الخصوصية حوالي ٤٠٠٠٠ كيلو متر. تساندها شبكة أخرى من قنوات الصرف ويبلغ إجمالي أطوالها حوالي ٢٠٠٠٠ كيلو متر. لا تدخل ضمنها المصاريف الحقلية المكشوفة أو المغطاة. ويتم دفع المياه في شبكة الترعة للأنشطة المختلفة (مياه الشرب والاستغلال المنزلي والعام والصناعة والزراعة والثروة السمكية وتوليد الطاقة الكهربائية والملاحة والترفيه وحفظ التوازن الملحي) ويختلف المنصرف من هذه المياه اختلافا حذريا من وقت لآخر بحيث نقل الاحتياجات خلال فصل الشتاء لما هو دون ثلث ما يصرف خلال فترات أقصى الاحتياجات صيفا (حددت الدراسات أقصى تصريف يمكن إمراره بأمان خلف السد العالي بـ ٢٤٠ مليون م^٣ في اليوم) وتمر هذه المياه خلال الموسمين في نفس الشبكة مما يتوقع معه أن تكون سرعة المياه فيها شتاء صغيرة ويمكن أن تسبب

جدول - إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النباتات والتربة وطرق الري طبقا لقرار وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية.

المجموعة	درجة المعالجة	نوع النباتات	درجة الري	نوع التربة
الأولى	معالجة ابتدائية	الأشجار الخشبية	بالخطوط	خفيفة للقوام يصرح باستخدامها في الأراضي الصحراوية التي تبعد عن التجمعات السكانية بمسافة ٥ كم مع الالتزام بالتقييم البيئي دوريا
الثانية	معالجة ثانوية	* أشجار النخيل - القطن - الكتان - النيل - الجوت - محاصيل الأعلاف والحبوب المجففة * المحاصيل والفواكه القشرية الخضراوات التي تطهى * الفواكه المصنعة بالحرارة * مشاغل لزهور	بالخطوط بالتنقيط	* يمكن تربية للماشية غير المدرة اللبن أو المنتجة للحوم * يجب طهي الطعام قبل تناوله
الثالثة	معالجة متقدمة	* النباتات التي تؤكل نبينة * النباتات القشرية * جميع أنواع المحاصيل والنباتات الأعلاف والمراعى للخضراء	جميع الطرق عدا	لا توجد

الترسيب والإطماء وظهور ونمو النباتات والحشائش المائية وإن تزيد هذه السرعة صيفا مما يسبب النحر والتهاليل وتغير أشكال القطاعات وهندستها. وينظم توزيع هذه المياه مناولات يحصل فيها بعض الترعرع على المياه (دور العمالة) في الوقت الذي يكون فيه للبعض الآخر في دور البطالة أو للقل.

وعند دفع المياه من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية من شبكة الري يستغرق وقتا يزيد عن عشرة أيام يمكن حسابها كما يلي:
المسافة من بحيرة ناصر إلى البحر المتوسط حوالي ١٠٠٠ كم فإذا افترضنا أن سرعة المياه ١ متر/ ثانية فإن الزمن الذي تستغرقه المياه في الوصول من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية من شبكة الري هو:

$$\text{زمن وصول المياه} = \frac{١٠٠٠ \text{ كم} \times ١٠٠٠ \text{ (متر/كم)}}{١١,٥٧ \text{ يوم.}}$$

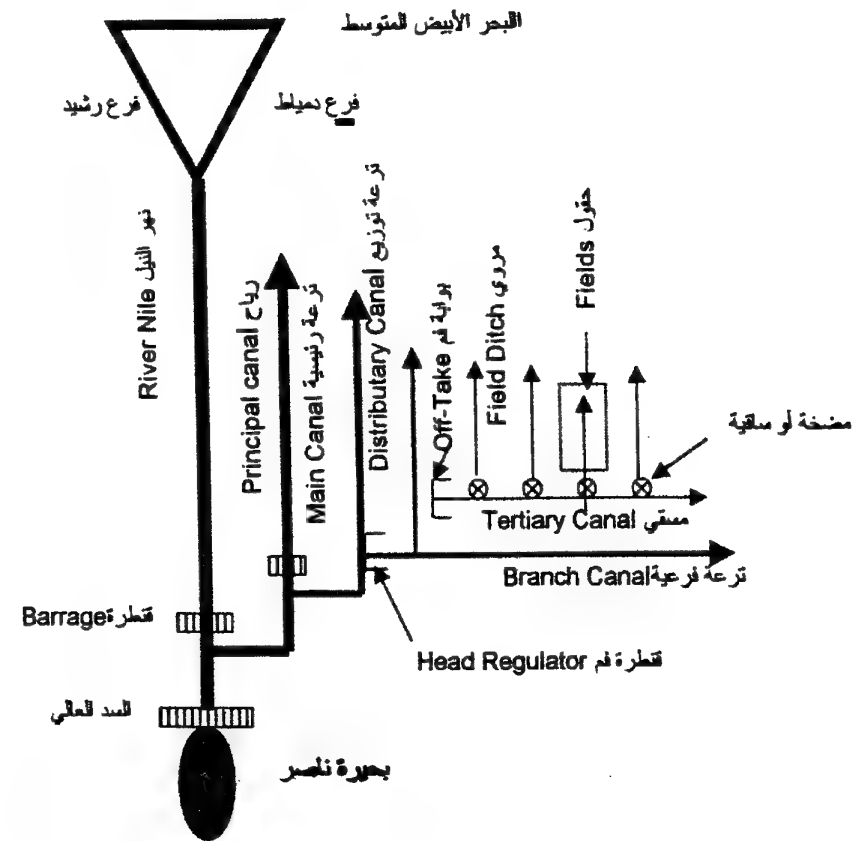
$$٦٠ \text{ ثانية} \times ٦٠ \text{ دقيقة} \times ٢٤ \text{ ساعة في اليوم}$$

ولتنظيم توزيع المياه تستخدم قناطر الحجز الرئيسية على النيل (إسنا - نجع حمادى - أسيوط - قناطر الدلتا - زفتي - دمياط - إدفينا) وهي بمثابة خزانات فرعية على النيل إذ تقوم بحجز المياه أمامها لتنظيم توزيعها والتحكم فيها. ويبلغ فرق منسوب المياه أمام وخلف القنطرة تقريبا حوالي ٥ متر.

ويعوق حركة توزيع المياه في شبكة الترعرع ما يلي:

- ١- إلقاء المخلفات والفضلات في الترعرع مما يعمل على انتشار الحشائش وإعاقة وصول المياه إلى نهايات الترعرع مهما تم الدفع بكميات كبيرة منها في بدايتها وقد يؤدي ذلك إلى ارتفاع المياه فوق مناسيب الجسور وقطعها.

- ٢- عدم الالتزام للزراع بالمساحات المحددة التي تزرع بالمحاصيل للشرهة بالمياه مثل الأرز وقصب السكر والتي تحددها النولة.
- ٣- عدم الالتزام بالمواعيد المحددة للتي تزرع بالمحاصيل المختلفة حيث أن دفع كميات من المياه من بحيرة ناصر إلى الأجزاء الشمالية لشبكة الري يستغرق ما يزيد عن ١٠ أيام لذلك يجب العلم بمواعيد بدء زراعة المحاصيل مسبقاً بفترة لا تقل عن ١٥ يوم.



شبكة توزيع المياه بالترع المتشعبة في مصر

مناوبات الري (التوزيع الدوري (Rotation Distribution)

وبه يعطى المزارع كمية الماء اللازمة للري خلال فترة زمنية قصيرة ثم يتفرغ بعدها لأعمال أخرى. أو بمعنى آخر فإن التصرف الذي يستعمله المزارع في ري أرضه أكبر بكثير من التصرف المستمر اللازم، ولذلك فإن الأرض تأخذ ما تحتاجه من الماء لمدة ٨ أو ١٥ يوم خلال فترة زمنية قصيرة. وفي هذه الطريقة يراعى ألا تتخفف الرطوبة في التربة إلى الدرجة التي تقل فيها النباتات وذلك في خلال دور البطالة. وفي العادة فإن المياه تجري بالترع خلال مدة من الزمان تسمى دور العمالة on-time ثم تنقطع المياه عن هذه الترع خلال مدة أخرى تسمى دور البطالة off-time. ويستطيع المزارع ري أرضه خلال دور العمالة فقط نظراً لعدم وجود المياه في الترع خلال دور البطالة ويطلق على هذا النظام أسم مناوبات الري Irrigation rotation. هذا وتنظم المناوبات عادة بحيث تلائم الدورة الزراعية المتبعة في المنطقة وكذلك طبيعة الأرض. وعند إنشاء الترع أو خطوط الأنابيب تحت نظام المناوبات تكون مقاطعها أكبر حيث أنها تنقل تصرفات أكبر من المياه بالمقارنة بنظام التصرف المستمر فإذا فرضنا أن عدد أدوار المناوبة n وأن مقتن الفدان تحت نظام التصرف المستمر v فإن مقتن الفدان تحت نظام المناوبات يساوى v.n حيث n تساوى ٣ في حالة المناوبة الثلاثة وتساوى ٢ في حالة المناوبة الثانية ولتوضيح كيفية حساب التصرف اللازم تحت نظام المناوبات نأخذ المثال التالي:-

مثال : احسب التصرف اللازم لري زمام ٤٠٠ فدان تروى تبعاً لنظام مناوبات ثلاثية مدة المناوبة ١٨ يوم (٦ عمالة + ١٢ بطالة) وأن مقتن الفدان ٢٥ م^٢/فدان. يوم

الحل

التصرف اللازم لرى الزمام = $\frac{\text{المساحة} \times \text{مقنن الفدان} \times \text{مدة المناوبة}}{\text{مدة العمالة} \times 24}$

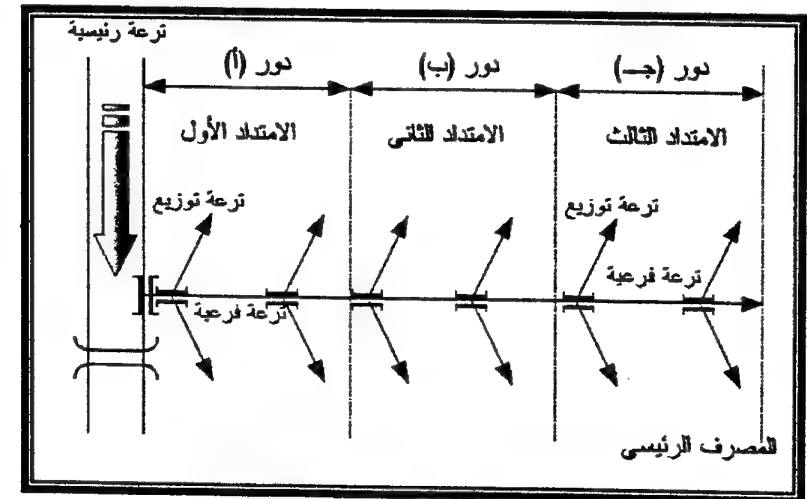
$$= \frac{400 \text{ فدان} \times 25 \text{ م}^2 / \text{فدان} \times \text{يوم} / 18 \times \text{يوم مناوبة}}{(6 \text{ يوم عمالة} \times 24 \text{ ساعة} / \text{يوم})}$$

$$= 1250 \text{ م}^2 / \text{س}$$

أنواع مناوبات الري

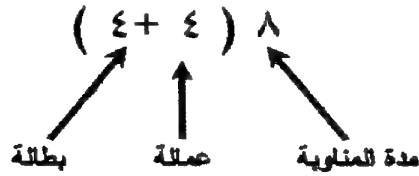
١ - المناوبة الثلاثية :

وفيها تقسم الترع والزمام المركب عليها إلى ثلاثة أقسام متساوية تقريباً ويأخذ كل قسم بالتتابع ٥ أيام عمالة و ١٠ أيام بطالة. وتتبع في مناطق القطن والنرة مناوبة ١٥ يوم (٥ عمالة + ١٠ بطالة).



٢ - المناوبة الثنائية:

يتبع نظام المناوبة الثنائية في مناطق زراعة الأرز وفيها تقسم الترع والزمام المقسم عليها إلى قسمين متساويين تقريباً ويأخذ كل قسم بالتتابع دورة عمالة ودورة بطالة



الأسباب التي دعت إلى اتباع نظام مناوبات الري هي:

- ١- عدم حاجة للمحاصيل إلى الري المستمر
- ٢- تنظيم توزيع المياه نسبياً بين الملاك لعدم كفاية مياه للنيل لإعطاء المياه بصفة مستمرة.
- ٣- تسهيل صرف مياه للرشح وتجفيف الأراضي المشبعة في وقت البطالة
- ٤- العمل على توصيل المياه إلى نهايات الترع وهي غالباً مناطق الشكوى من قلة المياه

المشاكل التي تصاحب نظام المناوبات

- ١- نظام المناوبات الثابتة لا يناسب التراكيب المحصولية المختلفة والتي نختلف فيها أعماق الجنور للمحاصيل المختلفة والاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة والتي تحتاج إلى فترات مختلفة بين الريات
- ٢- غالباً ما يشجع نظام المناوبات المزارع على إضافة كميات كبيرة من المياه فوق الاحتياجات الفعلية للمحاصيل

ما هي الدول التي تضم حوض النيل؟

يضم حوض النيل ١٠ دول هي: مصر (٦٦ مليون نسمة) والسودان (٢٨ مليون نسمة) وإثيوبيا (٦٣ مليون نسمة) وإريتريا (٤ مليون نسمة) وأوغندا (٢١ مليون نسمة) وكينيا (٢٩ مليون نسمة) وتنزانيا (٣٣ مليون نسمة) ورواندا (٨ مليون نسمة) وبوروندي (٧ مليون نسمة) وجمهورية الكونغو الديمقراطية (٥٠ مليون نسمة) ويعيش في هذا الحوض ٣٠٠ مليون نسمة تقريباً والغالبية العظمى يعيشون تحت خط الفقر (أكثر من ٧٥% منهم يقل دخلهم عن واحد دولار في اليوم

باستثناء مصر حيث يصل فيها متوسط الدخل السنوي ١٤٠٠ دولار للفرد ويلبها كينيا ٣٦٠ دولار في السنة وذلك حسب تقرير التنمية عن العالم ٢٠٠٠ / ٢٠٠١).

خصائص حوض النيل:

تبلغ المساحة المسنولة عن تجميع مياه النهر، نحو ثلاثة ملايين كيلو متر مربع (حوالي $\frac{1}{4}$ من مساحة القارة الأفريقية) ولا يزيد الإيراد السنوي المائي للنهر على ٨٤ مليار متر مكعب ماء عند أسوان، بالرغم من أنه يتساقط عليه سنوياً أمطار يبلغ حجمها ١٦٠٠ مليار متر مكعب، أي أن الإيراد الفعلي للنهر لا يزيد عن ٥,٢٥% فقط من حجم الأمطار المتساقطة عليه وهي نسبة شديدة الانخفاض. وحيث أن الإيراد السنوي المائي للنهر يبلغ حوالي ٨٤ مليار متر مكعب في السنة يفقد منها حوالي ١٠ مليار متر مكعب بالبخر من سطح بحيرة ناصر أمام السد العالي ليتبقى ٧٤ مليار توزع بمقدار ٥٥,٥ مليار حصة مصر ١٨,٥ مليار حصة السودان.

وتبلغ مساحة البحيرات التي تزود النهر بالمياه نحو ٨١٥٠٠ كيلو متر مربع، منها بحيرة فيكتوريا التي تعتبر ثاني أكبر بحيرة مياه عذبة في العالم، من حيث المساحة السطحية لها أما منطقة المستنقعات التي تعترض سبيل النهر في أقصى جنوب السودان فمساحتها ٧٠ ألف كيلو متر مربع.

ونهر النيل هو أطول أنهار العالم (٦٦٩٥ كيلو متراً)، وهو يقطع خط عرض ٣٥ من الجنوب حتى المصب على البحر المتوسط ويعتبر حوض النهر من حيث المساحة يساوي أكبر حوض في العالم ومن حيث الإيراد يعتبر رقم ٢٤.

مصادر المياه الرئيسية:

- ١- الهضبة الاستوائية، وهذه تزود النهر بـ ١٥% من إيراده السنوي. (حيث منبع النيل الأبيض).
- ٢- الهضبة الأثيوبية، وهذه تزود النهر بـ ٨٥% من إيراده السنوي (حيث منبع النيل الأزرق).

٣

إدارة المياه في الزراعات المروية

Water Management In Irrigated Agriculture

الموارد المائية التقليدية التي يسهل الحصول عليها مثل الأنهار والمياه الجوفية القريبة من سطح الأرض ذات النوعية الجيدة قد تم استغلالها بالكامل تقريباً وقد صاحب عملية تنمية الزراعة المروية هذه، تدهور التربة في بعض الأماكن. فمن المشكلات الخطيرة الآن ارتفاع مستوى الماء الأرضي (تطويل الأرض) والملوحة في الأراضي المروية بسبب سوء إدارة الري وعدم توفر الصرف. ومن هذه المشكلات الخطيرة أيضاً زيادة نسبة الملوحة في المياه الجوفية وانخفاض منسوب هذه المياه نظراً للإسراف في ضخها. ومن ناحية أخرى، فإن موارد مياه الري ذات النوعية الجيدة تتناقص في أغلب الأقطار العربية، وبالتالي أصبح لا مفر من التفكير مستقبلاً في إمكانية

استخدام المياه ذات النوعية المنخفضة ومياه المجارى ومياه المصانع فى الزراعة.

ويؤدى استخدام المياه بصورة تقتصر على الكفاءة أو الفعالية إلى إنتاج محاصيل أقل بكثير في أغلب الأحيان من المستوى المتوقع ، وذلك نتيجة انخفاض المساحة المزروعة وانخفاض إنتاجية وحدة المساحة من الأرض نفسها. فالإدارة الجيدة لمياه الري لها أهميتها الشديدة عموماً في زيادة الإنتاج الزراعي .

وهناك مجموعة من المشكلات التي ترتبط باستخدام المياه بصورة تقتصر على الكفاءة والفعالية. وهى ذات طبيعة فنية من ناحية، ولها علاقة بالظروف الاجتماعية والاقتصادية والمؤسسية من ناحية أخرى. فمن الناحية الفنية ، هناك مشكلات فقد المياه في شبكات نقل وتوزيع المياه. والنتيجة هي عدم زراعة أجزاء من الأراضي الزراعية ، ووصول كميات قليلة من مياه الري إلى أجزاء من الأراضي المزروعة. كما أن مياه الري تكون غير مضمونة في أغلب الأحيان نظراً لسوء التحكم في إدارة شبكة الري الرئيسية وتشغيلها ، وهو ما يؤدى إلى نقص المياه فى مناطق مع زيادتها فى ومناطق أخرى.

أما عندما تأتى إلى المزرعة نفسها ، فسنجد أن المياه لا توزع بالتساوي ، فالمزارع الذي تقع أرضه في بداية شبكة الري يحصل على كمية من المياه أكبر من تلك التي يحصل عليها من تقع أرضه فى نهايتها. أما على مستوى المزارع نفسه فإن نظام الري الحقلية وتصميم شبكة التوزيع يتسمان غالباً بالقصور وبذلك يعجز المزارع عن الحصول على النتائج المثلى.

ويذهب قدر كبير من المياه التي تضيق من قنوات التوصيل وفى الحقول إلى طبقات التربة العميقة لتتسبب في ارتفاع منسوب الماء الأرضي واقترابه من منطقة الجذور للنباتات المزروعة. وحيث أن هذه المياه تحتوى عادة على أملاح مذابة فإن الضرر الناجم عن تطويل الأرض يكون مضاعفاً بتأثير ما

ي صاحبه من ملوحة التربة. ويشكل هذان الشكلا من أشكال تدهور التربة - أي تطويل الأرض والملوحة - عقبة أمام الزراعة والبيئة. وتقلل هذه المشكلات المادية من فوائد استخدام المدخلات الزراعية. ولاسيما الأسمدة والمبيدات والميكنة. كما أن أصناف المحاصيل العالية الإنتاج وما يرتبط بها من أساليب زراعية محسنة تتطلب تحسناً مماثلاً في ضمان الري ودقته.

ولا يمكن أن تعزى هذه المشكلات بأكملها إلى نقص التكنولوجيا في إدارة الري. فالحقيقة أن هناك ثروة من المعلومات عن جميع الجوانب المتعلقة بمشروعات الري وشبكات الصرف التي يمكن تصميمها وتركيبها بمنتهى الاطمئنان بحيث يمكن تلافي تطويل الأرض والملوحة.

فالمشكلة هي أن تطبيق المعلومات والتكنولوجيا المتاحة - وليس توافرها كان ولازال بطيئاً. وينطبق ذلك على حقول المزارعين كما ينطبق على تصميم الشبكات الرئيسية وتشغيلها. وأهم أسباب ذلك هو القصور في نقل المعلومات إلى مستخدمي المياه ، مع قصور الخدمات والترتيبات المطلوبة من المؤسسات المختلفة بالإضافة إلى المشكلات الاجتماعية والاقتصادية. الحل.

مشاكل الري Irrigation Problems

تتطلب التنمية المتواصلة في الزراعة المروية الإبقاء على المبادئ الأساسية لإدارة المياه والمحافظة عليها والتحكم فى الملوحة والنحر erosion للتربة وفى نفس الوقت المحافظة على المياه من التلوث والتغلب على المشاكل الاجتماعية والاقتصادية والإدارية.

١ - انخفاض إنتاجية المحصول Low Crop Yield

في بعض المناطق ينخفض إنتاجية المحصول بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض المروية عن المتوقع وعادة ما يرجع ذلك لأسباب فنية وغير فنية والسبب الرئيسي قد يرجع إلى عدم توافر مياه الري فى الأوقات الحرجة لنمو

المحصول أو عدم الجدولة الصحيحة للري. وينخفض إنتاج المحصول عندما تكون الاحتياجات المائية للمحصول أكبر من المياه التي يستخلصها عن طريق الجذور إما بسبب قلة انتشار الجذور وسطحيتها أو قلة السعة التخزينية للتربة Soil water - holding capacity انخفاض إنتاجية المحصول نتيجة الإجهاد الرطوبي Plant water stress أثناء المراحل الحرجة للنمو Critical growth stages قد تحدث حتى إذا كانت مياه الري الكلية المضافة للمحصول مناسبة ولذلك يجب أن تكون مياه الري موزعة على موسم النمو للمحصول بحيث تتساوى مع استهلاك المحصول أثناء مراحل النمو المختلفة. فقليل من المزارعين الذين يستخدمون الطرق العلمية لجدولة الري وفي أحدث بحث عن ذلك وجد أن ٣% من المزارعين في ولاية كاليفورنيا هم الذين يستخدمون جدولة الري بطريقة علمية.

أما العامل الثاني المسبب لانخفاض إنتاجية المحصول هو ارتفاع مستوى الماء عن الأرضي وتمليح التربة. أما الأسباب الفنية الأخرى والتي تساهم في تقليل إنتاجية المحصول فهي التسميد الغير كافي ونمو الحشائش والآفات والأمراض.

٢ - الجفاف ونقص المياه Drought and water shortage

أن التغير المناخي الذي يتسبب في الجفاف وقلة الحصول على المياه بالإضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الاستهلاك المائي للمحاصيل يمثل تحدياً كبيراً للزراعة المروية. فعند حدوث ندرة في المياه وإعادة توزيع المياه على الاستخدامات المختلفة من الناحية الاقتصادية فإن الري سوف يكون الخاسر الأكبر big loser في المنافسة على المياه. لذلك يجب عمل خطط بديلة في حالة حدوث الجفاف على المستوى القومي وتحسين انسياب المعلومات الدقيقة التي تساعد في عمليات اتخاذ القرار.

٣ - ارتفاع مستوى الماء الأرضي وتمليح التربة Soil water logging and salinization

إن ارتفاع مستوى الماء الأرضي وتمليح التربة ليس أمراً محتوماً في الأراضي المروية على الرغم من ذلك ففي مناطق كثيرة من العالم تسبب ارتفاع مستوى الماء الأرضي في مشاكل تمليح خطيرة للتربة وانخفاض في إنتاجية المحاصيل. والسبب الرئيسي في ارتفاع مستوى الماء الأرضي هو الإسراف في إضافة مياه الري للأراضي المحدودة الصرف. فمن الطبيعي أن يتناسب ارتفاع مستوى الماء الأرضي مع زيادة مياه الري التي تتسرب إلى الماء الأرضي حتى يقترب مستوى الماء الأرضي إلى مستوى المنطقة الشعرية لاستخلاص جذور النباتات. وحينئذ يصل المياه إلى سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية Capillary action مما يسبب في زيادة البخر السنوي من سطح الأرض أو تقليل معدل الرشح من القنوات المجاورة حيث يقل الانحدار في الضغط الهيدروليكي. ويتسبب زيادة البخر من سطح الأرض إلى تمليح التربة حيث تتبخر المياه تاركة الأملاح على سطح التربة.

ومن أمثلة ارتفاع مستوى الماء الأرضي بعد بدء مشاريع الري في الأراضي الجديدة ما حدث في قرية الشجاعة وعبد الحليم محمود في منطقة غرب النوبارية حيث توجد طبقة غير منفذة للمياه قريبة نوعاً ما من سطح الأرض (٢ - ٥ متر) تراكمت المياه الزائدة من الري فوقها مما تسبب في ارتفاع مستوى الماء الأرضي المعلق (Perched water table) ويوجد أمثلة أخرى عديدة في بلاد أخرى مثل باكستان وولاية كاليفورنيا. ومن هنا يتضح أهمية إنشاء نظام للصرف عند إنشاء نظام الري.

٤ - التخلص من مياه الصرف Drainage Effluent Disposal

في الماضي كان يتم التخلص من مياه الصرف المالحة بصحبها في البحر والآن عند زيادة المنافسة على المياه يتم خلطها بالمياه العذبة أو بمعنى

آخر صبيها في الترع وفي بعض المناطق في العالم يتم صبيها في برك أو بحيرات تبخير evaporation ponds في حالة الحاجة إلى المحافظة على مياه الري عند نوعية مرتفعة. وفي مصر يتم استخدام مياه الصرف لأغراض الري وذلك على النحو التالي:

درجة ملوحة مياه الصرف بالجزء في المليون	تستخدم في الأراضي:	نسبة خلط مياه الصرف بالمياه العذبة
أقل من ٥٠٠	جميع الأنواع	مباشرة دون خلط
٥٠٠ - ١١٠٠	جيدة الصرف	تخلط بنسبة ١:١ إذا تجاوز مجموع الأملاح الذائبة ٧٠٠ جزء في المليون
١١٠٠ - ١٥٠٠	جيدة الصرف	١:١
١٥٠٠ - ١٧٥٠	جيدة الصرف	٣:١

٥- النحر وترسيب الطمي (الإطماء) Erosion and Sedimentation

إن نحر التربة ينخفض إنتاجيتها علاوة على أن ترسيب الطمي أو الإطماء في المجارى المائية وكذلك خزانات المياه يقلل من قدرتها على حمل واستيعاب المياه. فقد بينت بعض الدراسات في جنوب ولاية - أيداهو وأشارت إلى أن بعض الحقول فقدت من ٣٥ إلى ٢٠ سم من الطبقة السطحية الخصبة نتيجة النحر وبالتالي تقليل الإنتاجية بمعدل ٢٥%.

٦- حماية نوعية المياه Water Quality Protection

من الأهمية أن يتم إدارة مياه الري أو ممارسة الري بحيث لا يؤثر ذلك على نوعية مصادر المياه من مياه سطحية أو مياه أرضية حيث أن إضافة مياه الري وخطها بالأسمدة والمبيدات الكيماوية ثم تسرب هذه المياه تحت منطقة الجنور إلى المياه الأرضية أو فقدانها بالجريان السطحي إلى المياه السطحية يؤثر على نوعه المياه ويسبب تلوثها وهذا يشتمل على ترسيب الشوائب والطين والأسمدة والأملاح المذابة والمبيدات والكيماويات العضوية السامة.

٧- النواحي الاجتماعية والاقتصادية والإدارية Social, Economic and Institutional Issues

في بعض المناطق يؤثر استخدام المياه في الري على استنفاد المياه الجوفية وهبوط مستوى الماء الأرضي بدرجة كبيرة. وفي بعض المناطق تؤثر مياه الري على تلوث مياه الشرب. وقد يؤثر تحويل المياه من الأنهار واستنفادها بغرض الري على الحياة البرية الطبيعية وأيضاً على الأسماك. إن الاستخدامات الأخرى للمياه تنافس استخدام المياه في الري من الناحية الاقتصادية ولن أزمة الطاقة تؤثر على اقتصاديات المياه حيث أن المياه ترفع وتضخ باستخدام الطاقة التي يؤثر تزايد سعرها على سعر تكلفة المياه.

الحفاظ على المياه Water conservation

يؤكد البعض أن السبب الوحيد للتوفير في استخدام المياه هو زيادة سعر المياه أو بمعنى آخر تسعير المياه وقد قام (Bucks 1990) بمناقشة موضوع صيانة المياه والعوامل الفعالة التي تحافظ على المياه وهي تتلخص في تقليل الطلب وزيادة المياه المتاحة.

إدارة الطلب على المياه Demand Management

تتضمن أهداف إدارة الطلب على المياه تخفيض كل من فواقد المياه والبخر نتج المفيد الذي يستهلكه النبات وذلك في كل من سنوات الجفاف وسنوات توافر المياه على السواء .

هذا ولتحقيق أهداف إدارة الطلب على المياه بغرض الحفاظ عليها في الزراعات المروية نتبع الأساليب التالية قرين كل هدف .

الهدف الأول: تقليل فواقد المياه أو ترشيد استخدامها

١ - جدول الري : تزويد المزارعين بالمعلومات عن متى تتم عملية الري وكمية المياه المطلوب إضافتها .

٢ - زيادة كفاءة الري : مثل تبطين القنوات واستعمال الأنابيب وتسوية التربة واستخدام منشآت التحكم في المياه واستخدام طرق الري المتطور .

٣ - تقليل الفاقد بالبخر سواء من سطح المياه أو من سطح التربة: وذلك باستخدام بقايا المحاصيل أو التغطية بالبلاستيك plastic mulches مع استخدام الري بالتنقيط للأشجار والري بالتنقيط تحت التربة للمحاصيل التي تزرع على صفوف .

٤ - تقليل الماء المستهلك بواسطة النباتات الغير مرغوبة: بالقضاء على الحشائش والنباتات المائية .

الهدف الثاني: تقليل الاستهلاك المائي للمحاصيل

١ - تقليل ماء الري المضاف عن أقصى استهلاك مائي Limited Irrigation .
٢ - تقليل المساحة المحصولية التي تعتمد على الري وذلك بتحويل جزء من المساحة للزراعة المطرية .

٣ - اختيار المحاصيل التي تتحمل الجفاف resistant-drought

٤ - استخدام نظم ونماذج اتخاذ القرار: استخدام بيانات توافر المياه للحصول على الإدارة المثلى لكل من الطاقة، الملوحة، الأسمدة، الحشرات، ... الخ لمحصول معين .

وسوف نستعرض موضوع جدول الري بالتفصيل فيما بعد ولهذا سوف نتناول هنا بعض النقاط التي تحتاج إلى توضيح ومنها:-

زيادة كفاءة الري وانتظام توزيع المياه

Increased Irrigation Efficiency and water Application Uniformity

إن التعريف المبسط لكفاءة الري (E_i) هو النسبة بين كمية مياه الري المفيدة التي يستهلكها المحصول ET_c إلى كمية مياه الري التي تصل للحقل IW كما هو موضح بالمعادلة

$$E_i = \frac{ET_c}{IW}$$

وقد استخدمت هذه المعادلة لتصميم وتقييم نظم الري لمدة لا تقل عن مائة سنة وهي مفيدة حيث أنها تعطى رقم واحد لقيمة كفاءة الري الإجمالية وهي تعتمد على طريقة الري المستخدمة. ومما لاشك فيه أن تحسين كفاءة الري يساعد في تقليل المياه المستخدمة في الري سواء المياه السطحية أو المياه الجوفية التي يتم رفعها (IW) وذلك عن طريق تقليل فاقد التسرب للعميق والجريان السطحي.

أن الاستهلاك المائي للنبات (البخر نتج) ET_c للمحاصيل للكثيفة لا يختلف باختلاف طريقة الري ولكن الاستهلاك المائي ET_c للأشجار الصغيرة والتي تزرع على مسافات متباعدة يكون أقل عند استخدام طريقة الري بالتنقيط عن طرق الري الأخرى مثل الري السطحي والري بالرش حيث أنه في الري بالتنقيط لا يبتل مساحة الأرض كلها بل نسبة منها قد تصل من ٣٠ إلى ٦٠% بمتوسط تقريبي ٥٠% حيث أن المساحة بين الأشجار لا تبتل بالمياه. ومن الجدير بالذكر هنا إننا نقول أن كفاءة الري بالتنقيط ٩٠% أو أن كفاءة نظام الري بالرش ٧٥% وكفاءة الري السطحي ٦٠% فليس معنى ذلك أن كل نظام ري بالتنقيط يحقق كفاءة ٩٠% حيث أن هذه القيم من الممكن الحصول

عليها من هذه الطرق وليس بالطبع هي القيم الفعلية حيث تعتمد على المحصول والتربة والمناخ ومستوى إدارة المياه **Level of water management** وغالباً ما تميل كفاءة الري إلى الارتفاع كلما زاد التحكم في نظام الري الحقلية. ولذلك تزداد كل من التكاليف الثابتة والمتغيرة لنظام الري بزيادة الكفاءة حيث أن زيادة الكفاءة تتطلب معدات جيدة من حيث التحكم وزيادة ضغط التشغيل وبالتالي الضغط الذي تعطيه المضخة فارتفاع تكاليف نظام الري ذات الكفاءة العالية قد يصاحبه تقليل تكاليف الصرف أو تأخير الحاجة إلى نظام صرف جديد أو نظام صرف محسن. ومن المؤكد أن نظم الري المختلفة (سطحي، رش، تنقيط) كل له المكان الذي يتناسب معه في الزراعات الحالية. وعلى الرغم من تلك ففعالية أي نظام ري لا يمكن أن توصف برقم واحد وهو كفاءة الري. فمثلاً فنظام الري الفعال **effective** هو الذي يختزن كل ماء الري المضاف في منطقة الجذور والذي يكون متاح للمحصول (كفاءة إضافة مياه مرتفعة)، كل رية سوف تقوم بتعويض الماء المستنفذ من منطقة الجذور (كفاءة تخزين مياه مرتفعة). وماء الري المضاف سوف يتوزع بانتظام على كل جزء من الحقل المطلوب ريه (كفاءة انتظام توزيع مياه مرتفعة). فكثيراً من نظم الري السطحي لا يمكنها تحقيق كفاءة إضافة مياه مرتفعة أو كفاءة انتظام توزيع مياه مرتفعة ويرجع ذلك للاختلافات في التربة وعدم انتظام معدل التسرب للمياه خلال الحقل أو قد يرجع إلى نقص في المعلومات عند المزارع عن معدل إضافة المياه عند رأس الحقل وطرق قياسها والتحكم فيها.

لقد أصبح في الإمكان باستخدام طرق الري المتطور من رش وتنقيط أن تضاف المياه على فترات ري متقاربة بمقدار يتساوى مع الاستهلاك المائي للمحصول ET_c بطرق الجدولة المختلفة. أو قد تتقارب فترات الري لتصل إلى الري اليومي في بعض الحالات وحينئذ يقل الاعتماد على قدرة التربة على تخزين المياه عند تباعد الفترة بين الريات. وبذلك فإن الخواص الطبيعية للتربة

مثل السعة التخزينية للتربة **Water holding capacity** أو السعة الحقلية **field capacity** والتي كانت تعتبر قديماً حاسمة في تقسيم الأراضي لا تشكل الآن عاملاً كبيراً في تحديد أو تقسيم الأراضي الممكن ريهها. فالأراضي الرملية الخشنة والغير منتظمة الطبوغرافية والمتموجة أو المنحدرة يمكن الآن ريهها بكفاءة عالية. حيث تسمح طرق الري المتطور ذات الفترات المتقاربة بين الريات (**High - Frequency**) وبكميات صغيرة من المياه (**Low - volume**) للمزارع أن يحتفظ بمعدل ثابت من غسيل الأملاح وصرفها من منطقة الجذور. فاتباع نظام الري المتقارب غالباً يتطلب ارتفاع في تكاليف إنشاء نظام الري وتكاليف تشغيله أيضاً بالإضافة إلى تكاليف الصيانة المرتفعة. وكذلك فإن الفاقد في التبخر نتيجة الري المتقارب قد ينتفع به في ترطيب وتبريد المحصول وبذلك يقلل من الجهد الرطوبي أو الشد الرطوبي للمحصول. واستخدام نظم الري المتطور في الري المتقارب قد يتطلب أيضاً مستوى عالي من التعليم والمعاونة الفنية لتشغيلها بنجاح.

تقليل البخر **Reduced Evaporation**

يصل البخر من السطح المائي مثل الخزانات والبحيرات إلى ٢ متر/عام في المناطق الجافة الحارة وإلى حوالي أقل من ١ متر/عام في المناطق الرطبة الباردة. ويمكن تقليل البخر من السطح المائي بواسطة عدة طرق منها استعمال الفيلم الكيماوي **Chemical films** ولكن وجد أنها غير عملية أما الطرق الأخرى فهي استعمال أشياء تطفو على سطح المياه مثل كرات البنج بونج **ping-pong balls** أو قطع الاستيرفوم **Styrofoam blocks**، أو العلب الفارغة **empty containers** أو غطاء من البلاستيك **sheets of foam rubber**. ويمكن أيضاً تقليل البخر من السطح المائي بتقليل السطح المائي المعرض للجو أو تقليل مساحة السطح لوحدة الحجم من المياه عن طريق تعميق الخزانات أو المجرى المائي.

أما البخر من سطح التربة فيمكن تقليله مثلاً عند زراعة الخضراوات الكثيفة باستعمال رقائق أو سطح من البلاستيك لتغطية الأرض Plastic mulches or covers وتقليل البخر بينما تقوم أنابيب الري بالتنقيط بتزويد المحصول بالماء اللازم للنتح من النبات فقط. وقد تستخدم طرق الزراعة الجافة dry land farming للحفاظ على المياه في منطقة الجذور خلال فترة ترك الأرض بدون زراعة Fallow لمدة عام وزراعة المحصول في العام التالي حيث يتم تجميع مياه الأمطار لعامين متتاليين.

الري بكميات محدودة Limited Irrigation

أن الري بكميات مياه محدودة أو بالعجز Limited or deficit irrigation تعنى الري بكميات تقل عن الاستهلاك المائي المحسوب للمحصول ET_c والذي يطلق عليه في هذه الحالة أقصى استهلاك مائي للمحصول ET_m حيث يمثل الحالة المثالية لنمو المحصول وهو المحسوب من المعادلة.

$$ET_m = ET_c = k_c \cdot ET_o$$

حيث ET_o هو مجمل البخر نتح لسطح ممتد تغطيه نباتات خضراء بارتفاع منتظم وسوف نتحدث عنه بالتفصيل في حساب المقننات المائية k_c : معامل المحصول وسوف نتحدث عنه أيضاً بالتفصيل والري بكميات مياه محدودة يشمل

- ١ - تخطيط ميعاد زراعة المحصول بحيث تتزامن فترة أقصى استهلاك مائي للمحصول مع الفترة المتوقعة لسقوط الأمطار وتخزينها في التربة.
- ٢ - تقليل رطوبة التربة إلى أقل مستوى ممكن لها قبل إضافة مياه الري.
- ٣ - إضافة كميات مياه ري أقل من الممكن تخزينها في منطقة انتشار الجذور من التربة.

وتتبع طريقة الري بكميات محدودة عند قلة موارد المياه أو محدوديتها وكذلك عند ارتفاع تكاليف مياه الري. وقد يجد المزارع نفسه بين اختيارين عند قلة

مياه الري إما أن يقلل المساحة التي سوف يقوم بريها على أن يوفر لهذه المساحة كمية المياه اللازمة للحصول على أعلى إنتاج وإما أن يضيف كمية المياه المتاحة على كل المساحة وبالتالي الحصول على إنتاج أقل والذي يقوم بحسم هذا الاختيار هو الناحية الاقتصادية وذلك بحساب العائد الصافي من كلتا الاختيارين. ويمكن كتابة دالة إنتاج المياه Water production function والتي تعتمد على المحصول والصنف والمناخ كالاتي في صورة نسبية.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

حيث K_y : هو معامل استجابة إنتاجية المحصول لنقص المياه Yield response factor

Y_a : الإنتاج الفعلي للمحصول عند إضافة كمية مياه فعلية ET_a .

Y_m : أقصى إنتاج للمحصول يمكن الحصول عليه عند إضافة الاستهلاك المائي للمحصول ET_m .

ET_a : الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول

ET_m : الاستهلاك المائي المحسوب أو الأقصى للمحصول.

وقد وضعت المعادلة في صورة نسبية لتقليل اختلافات المناخ ولكن هذا العمل يعتبر صحيحاً إذا كانت المعادلة خطية والخط يمر بنقطة الأصل.

مثال : المطلوب إضافة مياه ري تقل بمقدار ١٠% عن الاستهلاك المائي المحسوب وكان معامل استجابة المحصول يساوي ١,٢٥ أوجد النسبة المتوقعة للنقص في المحصول.

الحل

$$K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m} \right) = \left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right)$$

$$1.25 \times 0.10 = \left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right)$$

$$\therefore 1 - \frac{Y}{Y_m} = 0.125$$

أي أن النسبة المتوقعة للنقص في المحصول ١٢,٥%

أي أن نسبة المحصول الفعلي إلى أقصى محصول $\frac{Y_a}{Y_m}$ تساوي ٨٧,٥%

ومعامل استجابة المحصول يختلف حسب مرحلة نمو المحصول والجدول (٣-).

(١) يعطى القيم لمراحل النمو المختلفة ويمكن حساب النقص في المحصول

التراكمي للمراحل المختلفة للنمو من المعادلة التالية:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m} \right)_i = 1 - \left(\frac{Y_a}{Y_m} \right)_1 \times \left(\frac{Y_a}{Y_m} \right)_2 \times \dots \times \left(\frac{Y_a}{Y_m} \right)_i$$

حيث | هي رقم مرحلة النمو

إذا كانت قيمة معامل استجابة المحصول تساوي ١ فهذا يعنى أن النسبة

للمتوقعة للنقص في المحصول تساوي نفس نسبة النقص في المياه أما إذا كانت

قيمة معامل استجابة المحصول تقل عن الواحد كان تساوي ٠,٨ مثلاً فهذا

يعنى أن نسبة نقص في المياه مقدارها ١٠% يقابلها نسبة نقص متوقعة في

المحصول مقدارها ٨% أي أن المحصول تقل حساسيته بالنسبة لنقص المياه.

أما إذا كانت قيمة معامل استجابة المحصول تزيد عن الواحد كان تساوي ١,٢

مثلاً فهذا يعنى أن نسبة نقص في المياه مقدارها ١٠% يقابلها نسبة نقص

متوقعة في المحصول مقدارها ١٢% أي أن المحصول حساس بالنسبة لنقص

المياه.

جدول (١-٣) معامل استجابة المحصول K_y (FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 33)

المحصول	مرحلة (١) النمو الخضري			مرحلة ٢ الأزهار	تكوين ٣ المحصول	النفج ٤	أقصى فترة النمو
	المبكرة	المتأخرة	الكلية				
برسيم حجازي			١,١ - ٠,٧				١,١ - ٠,٧
موز							١,٢ - ١,٣٥
فول			٠,٥	١,١	٠,٧٥	٠,٢	١,١٥
كرنب	٠,٢				٠,٤٥	٠,٦	٠,٩٥
موالح							١,١ - ٠,٨
قطن			٠,٢	٠,٥		٠,٢٥	٠,٨٥
عنب							٠,٨٥
فول سوداني			٠,٢	٠,٨	٠,٦	٠,٢	٠,٧
ذرة			٠,٤	١,٥	٠,٥	٠,٢	١,٢٥
بصل			٠,٤٥		٠,٨	٠,٣	١,١
بسلة	٠,٢			٠,٩	٠,٧	٠,٢	١,١٥
فلفل							١,١
بطاطس	٠,٤٥	٠,٨			٠,٧	٠,٢	١,١
قرطم		٠,٣		٠,٥٥	٠,٦		٠,٨
ذرة رفيعة			٠,٢	٠,٥٥	٠,٤٥	٠,٢	٠,٩
فول صويا			٠,٢	٠,٨	١,٠		٠,٨٥
بنجر لعلف							١,٠ - ٠,٦
بنجر للسكر							١,١ - ٠,٧
قصب السكر			٠,٧٥	١,٠	٠,٥	٠,١	١,٢
عباد الشمس	٠,٢٥	٠,٥		١,١	٠,٨		٠,٩٥
طماطم			٠,٤	٠,٨	٠,٨	٠,٤	١,٠٥
بطيخ	٠,٤٥	٠,٧		٠,٦	٠,٨	٠,٣	١,١
قمح			٠,٢		٠,٥		١,٠

ومن الجدول يتضح أن المحاصيل الحساسة لنقص المياه هي التي يزيد معامل استجابة المحصول لها عن الواحد مثل الموز والذرة وقصب السكر والبقول وذلك عند نقص المياه بانتظام على مدار موسم النمو ولكن تختلف هذه القيم حسب مرحلة النمو وبذلك يمكن تخفيض مياه الري في الفترات غير الحساسة للمياه والتي يقل فيها معامل استجابة المحصول عن الواحد الصحيح وهي كما يتضح من الجدول المراحل المبكرة للنمو ومرحلة النضج حيث يمكن تقليل كمية المياه عن الاستهلاك المائي المحسوب ET_m .

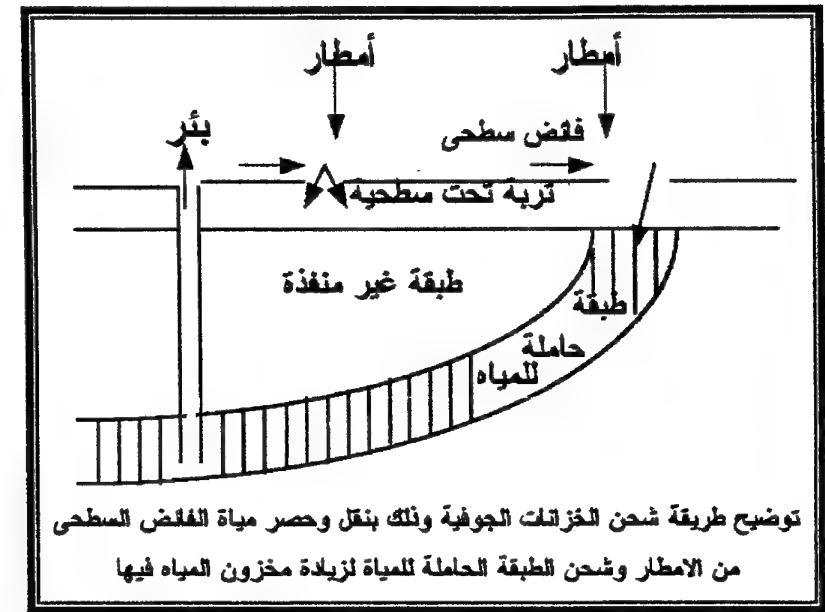
إدارة موارد المياه Supply Management

تشمل أهداف إدارة المياه تخزين مياه الجريان السطحي، وحصاد المياه مما يزيد من موارد المياه المتاحة والوقت الأمثل لإدارة المياه هو خلال سنوات وجود الفائض منها ففي سنوات الجفاف تقل فوائض المياه. والجدول (٢-٣) يستعرض أهم الأساليب التكنولوجية لإدارة موارد المياه:

ومن الجدير بالذكر أن إعادة استخدام مياه الصرف تعد من أهم المصادر لزيادة موارد المياه المتاحة، فاستخدام مياه الصرف أو مياه الصرف الصحي المعالجة يقلل من تلوث مياه الأنهار والبحيرات وذلك عند توجيه هذه المياه إلى الأرض بدلاً من الأنهار والبحيرات وقد نذكر هنا موضوع صرف مياه الصرف الصحي المعالجة لمدينة الإسكندرية إلى البر أم البحر والتي أخذت العديد من المناقشات والمداولات احتلت سنوات على رأس قوائم الصحف وشغلت الرأي العام المصري حتى استقر الرأي أخيراً على الصرف في البر بدلاً من البحر.

جدول (٢-٣): إدارة موارد المياه بغرض المحافظة عليها في الزراعات المروية للمناطق الجافة.

الهدف	أسلوب تطبيقه
زيادة تخزين مياه الجريان السطحي	١ - إنشاء الخزانات الصغيرة لتجميع وحجز مياه الجريان السطحي والسيول لاستخدامها أثناء فترات الجفاف.
السطحي	٢ - شحن الخزانات الجوفية وذلك بنقل وحصر مياه الفائض السطحي وشحن الطبقات الحاملة للمياه لزيادة مخزون المياه فيها.
زيادة إنتاجية المياه	١ - حصاد المياه عن طريق عمل طبقة سطحية غير منفذة للمياه لتقليل نفاذية التربة للمياه وتخزين مياه الجريان السطحي.
	٢ - إدارة الغطاء النباتي وذلك لتقليل أو زيادة الجريان السطحي لتحسين شحن المياه الجوفية وزيادة مخزونها.
	٣ - إدارة رطوبة التربة وذلك بالعمليات الزراعية لتقليل الجريان السطحي والبخر وزيادة رطوبة التربة المختزنة وزيادة الاستفادة برطوبة التربة عن طريق زراعة المحاصيل المحملة INTERCROPPING وأيضا زراعة محصولين أو أكثر خلال عام MULTIPLE CROPPING SYSTEM
	٤ - زيادة تعمق جذور المحاصيل وذلك بتكسير الطبقات الصماء واختيار أصناف وأنواع المحاصيل ذات الجذور العميقة وذلك لزيادة قدرة المحصول على استخلاص الرطوبة من التربة.
زيادة موارد المياه المتاحة	١ - بتحويل المياه من المناطق ذات الفائض إلى المناطق التي تعاني نقص المياه.
	٢ - استخدام مياه الصرف المتوسطة الملوحة واستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.



طرق إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في الري:

- ١ - تناوب استخدام مياه الصرف المالحة ومياه الري العادية في زراعة محاصيل تتحمل الملوحة ومحاصيل حساسة بمعنى زراعة محاصيل تتحمل الملوحة وريها بمياه الصرف لمدة موسم ثم في الموسم الذي يليه تزرع محاصيل حساسة بمياه الري العادية.
- ٢ - استخدام مياه الصرف في زراعة محاصيل تتحمل الملوحة.
- ٣ - تقطير مياه الصرف المالحة عن طريق تجميعها في خزانات وتبخيرها ثم استخدامها في الري أو الصناعة .
- ٤ - إدارة استخدام كل من مياه الصرف المنخفضة النوعية ومياه الري المرتفعة النوعية لمنع تمليح التربة وذلك باستخدام مياه الصرف في أقل من ٥٠% من الاحتياجات المائية للمحصول حيث أن المحاصيل الحساسة للملوحة لا تقل إنتاجيتها إذا استخدمت مياه الصرف بتوقيت معين أثناء مراحل النمو حيث أنه عند مرحلة الإنبات والتكشف يتم الري بمياه الري

العالية النوعية لغسيل الأملاح من منطقة الجذور ثم يتم الري بعد ذلك بنسب خلط لحفظ التوازن الملحي في منطقة الجذور عند الحد الذي لا يقتل من إنتاجية المحصول فحينما يتم خلط المياه العذبة بمياه الصرف المالحة لاستخدامها في الري فيمكننا أن نتصور إن النبات يأخذ جزء المياه العذبة ويترك جزء المياه المالحة في التربة فعملية الخلط تقلل تركيز الأملاح مما يجعل النبات قادراً على استخلاص الرطوبة من التربة أما جزء المياه المالحة الذي يتركه النبات في قطاع التربة فيجب غسيله لحفظ التوازن الملحي في منطقة الجذور بما يلائم نمو النبات.

الأساليب التشريعية المتبعة في إدارة المياه في الزراعات المروية:

تؤثر كل من البنية القانونية والإدارية في ممارسة عمليات الري على نجاح أو فشل المشروع ولذلك فإن بحث النواحي الفنية فقط للمشروع غير كافى ويوجد نوعين من المبادئ القانونية تركز عليها حقوق المياه.

١ - مبدأ حقوق ضفة - النهر Doctrine of Riparian Rights

يخول هذا المبدأ استعمال المياه من قبل الأراضي المتاخمة للنهر بمعنى أن المياه مرتبطة أو مصاحبة للأرض وهذا المبدأ مأخوذ من القانون الإنجليزى القديم Old English Common Law وفيه يستعمل ملاك ضفة النهر أو المستوطنون على امتداد المجرى المائى في المناطق الرطبة (شرق الولايات المتحدة) ما يلزمهم من الماء وفقاً لمبدأ القانون العام لحقوق ضفة النهر - وفيه نحول لكل مالك لأرض متاخمة - للمجرى استخدام انسياب الماء بالمجرى الطبيعي ولا يكسبه استخدامه للماء حقاً كما أن عدم استخدامه له لا يفقده حق ضفة النهر. ويعتبر هذا المبدأ استعمال الماء للري استعمال صناعي وعادة لا يسمح به حيث أن هذا المبدأ للمناطق الرطبة ولذلك يسمح للاستعمال لأغراض الملاحة والاستجمام. وقد أدخلت تعديلات أدت إلى مبدأ الانسياب الطبيعي Natural flow doctrine الذي يسمح لمالك ضفة النهر بتحويل الماء

للري في حالة وجود فائض من احتياجات ملاك الضفة خلف موقعة وبشرط أن لا يؤدي هذا التحويل إلى خفض منسوب الماء كثيراً أو تغيير صفته ويسمح مبدأ الاستعمال المعتدل reasonable use باستعمال أكثر مرونة للماء بغرض الري.

٢ - مبدأ حقوق التخصيص المسبق Doctrine of prior appropriations

نتيجة لتحرك المزارعين من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة في الولايات المتحدة نتج عن ذلك مبدأ أسبقية استعمال المياه " first in time, first in right " أي أن التسمية في المناطق الجافة اعتمدت على تخصيص الحقوق المائية المسبق للاستعمال المفيد Beneficial use وحيث أن المياه محدودة في المناطق الجافة فقد أنبثق عن هذه الحاجة للمياه مبدأ حقوق التخصيص المسبق الذي يؤكد على نشوء الحقوق المائية بأسبقية استعمال المياه لأن استعمالها يوجد الحق وعدم استعمالها يسقط هذا الحق.

ومن هذا يتضح أن استعمال المياه غير مرتبط بموقع الأرض بجانب النهر. وأيضاً أن حق المياه يكون في كمية معينة من المياه (ويعكس مبدأ ضفة النهر) الذي لا يرتبط بكمية مياه محددة فمثلاً إذا اقتصد المزارع في المياه فإن هذه المياه تذهب لمستخدم آخر ولا يستفيد بها هو Use it or lose it ومن هذا يتضح أن المياه هي ملكية عامة Public property ولكن يحددها ضوابط هي أولاً أن مستخدم المياه له الحق في كمية المياه التي يستخدمها بالنفع وتأنياً طبقاً لأسبقية التخصيص فإن مستخدم المياه له الحق في كمية محدودة من المياه تعتمد على متى بدأ في استعمالها.

اتحادات مستخدمي المياه (WUAs) Water Users Associations

يهدف اتحاد مستخدمي المياه إلى ضمان تنظيم مشاركة المنتفعين في إدارة وصيانة محطة ضخ المياه ومسار المياه المشترك بما يحقق عدالة توزيع المياه بين أعضاء الاتحاد وفقاً لاحتياجات الإنتاج الزراعي.

وقد نظم الفصل الثالث من القرار الوزاري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥ في الوقائع المصرية تحت عنوان " اتحادات مستخدمي المياه في الأراضي الجديدة " الإطار القانوني / الفني لإنشاء تلك الاتحادات. فتشاً اتحادات مستخدمي المياه على كل مسقي خاصة أو مصدر مائي خالص أو مشترك سواء كان بنراً أو خط مواسير أو طلمبة رفع (Booster pump) أو غير ذلك يطبق أسلوب الري المتطور، وذلك إذا تجاوز عدد المنتفعين خمسة أشخاص يكون له الشخصية الاعتبارية. ويعتبر منتفعاً صاحب الحيازة الزراعية التي تعتمد في ربيها على المسقي الخاصة أو المصدر المائي الخاص أو المشترك.

تختار الجمعية العمومية للاتحاد في أول اجتماع لها - ثم كل عامين - بالانتخاب المباشر مجلس إدارة للاتحاد في خمسة أعضاء وينتخب مجلس الإدارة من بين أعضائه:

- ١ - رئيساً للاتحاد ويكون الممثل القانوني للاتحاد أمام الغير.
- ٢ - أميناً للصندوق.
- ٣ - سكرتيراً ويكون مسئولاً عن الشؤون الإدارية للاتحاد.

يختص مجلس إدارة الاتحاد بالآتي :

- ١ - إدارة وتشغيل المسقي ومحطات الضخ المقامة عليها أو مضخة الضخ (البوستر) إذا كانت على ترعة رئيسية.
- ٢ - إعداد جداول توزيع المياه بين المنتفعين على المسقي.
- ٣ - صيانة المسقي الخاصة أو المصدر المائي الخاص المشترك والحفاظ على مكوناتها في حالة جيدة.

- ٤ - صيانة وحدات الضخ (البوستر) والقيام بعمليات الإحلال والتجديد.
- ٥ - تحديد تكاليف ري الفدان بالطريقة التي يتفق عليها الاتحاد سواء بالساعة أو الفدان أو بالموسم للفدان أو بالمحصول.
- ٦ - التعامل بالشراء والبيع والاتفاق على أعمال التشغيل والصيانة.
- ٧ - الحصول على أفضل صور الانتماء لتنمية أهداف الاتحاد.
- ٨ - فض المنازعات بين أعضاء الاتحاد.
- ٩ - التعاون مع الأجهزة المركزية والمحلية والشعبية والتنفيذية.
- ١٠ - معاونة الإدارة العامة للرى المختصة فى تدريب أعضاء اللجان وقادة المساقى.
- ١١ - فتح حساب خاص باسم الاتحاد بأحد البنوك تودع به حسابات الاتحاد وأمواله.

تتكون المورد المالية للاتحاد من :

- ١ - مساهمات أعضاء الاتحاد كل بحسب حيازته وبالقائمة التى تحددها الجمعية العمومية عند بداية تكوين الاتحاد.
- ٢ - الاشتراكات التى تحصل من كل عضو لمواجهة تكاليف الرى والتشغيل وصيانة الطلمبات والمسقى أو البئر أو خط المواسير.
- ٣ - عوائد أموال الاتحاد المودعة بالبنك.
- ٤ - أى تبرعات أو منح من أعضاء الاتحاد أو غيرهم.

٤

نوعية مياه الري

Irrigation Water Quality

التحليل الكيميائي للمياه

تشير نوعية مياه الري إلى نوع وكمية الأملاح الموجودة في المياه والتي تؤثر على نمو النبات وإنتاجيته . وتوجد الأملاح بتركيزات مختلفة في المياه حيث يؤثر التركيز على الضغط الأسموزي لمحلول التربة . فزيادة تركيز الأملاح يرفع الضغط الأسموزي لمحلول التربة والذي بدوره يؤثر على قدرة النبات على امتصاص المياه من خلال الجذور . حيث يصعب علي جذور النباتات امتصاص المياه من التربة عند ارتفاع الضغط الأسموزي حتى إذا كانت التربة مبتلة وبذلك فإن النبات قد يذبل ويموت فى حالة ارتفاع الضغط الأسموزي نتيجة زيادة تركيز الأملاح بالتربة حتى عند توافر مياه الري وذلك لعدم قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه من التربة ذات الضغط الأسموزي المرتفع .

وعند ذوبان الأملاح في التربة تتفصل وينتج عنها أيونات ions هذه الأيونات قد تحمل شحنة موجبة وتسمى كاتيونات cations وقد تحمل شحنة سالبة وتسمى أنيونات Anions وكل من هذه الأيونات له تأثير مختلف على النبات فمن الكاتيونات الأساسية للكالسيوم و Ca^{++} والمغنسيوم Mg^{++} والصوديوم Na^{++} ثم البوتاسيوم K^{+} ومن الأنيونات الأساسية السلفات (الكبريتات) SO_4^{--} والكلوريد Cl^{-} والبيكربونات HCO_3^{-} أو الكربونات CO_3^{-} .

الكاتيونات الأساسية Principal Cations

الكالسيوم Calcium

يعتبر الكالسيوم Ca^{++} من العناصر الأساسية في تغذية النبات Essential Plant Nutrient فالمياه المرتفعة في الكالسيوم والمغنسيوم تعتبر عسرة Hard وغير مرغوبة للاستعمال المنزلي حيث أن عسر المياه Hardness يعبر عنه بكمية الصابون اللازمة لإحداث الرغوة أما هذه المياه العسرة تعتبر جيدة للري. فالكالسيوم يساعد على الاحتفاظ بالتربة في حالة طبيعية جيدة من ناحية نفاذية المياه وسهولة حرث التربة Tilling.

المغنسيوم Magnesium

يعتبر المغنسيوم Mg^{++} من العناصر الأساسية في تغذية النبات. وقد يتواجد المغنسيوم في الماء بتركيز يساوي تقريباً نصف تركيز الكالسيوم.

الصوديوم Sodium

لا يعتبر الصوديوم Na^{+} من العناصر الأساسية في تغذية النبات فحسب بل يعتبر من أكثر الكاتيونات الموجودة في مياه الري خطورة. على الرغم من أن المياه التي يزيد فيها نسبة الصوديوم عن كل من الكالسيوم والمغنسيوم تعتبر مياه غير عسرة Soft إلا إنها تعتبر غير مرغوبة في الري Undesirable For Irrigation.

عندما تمتص حبيبات الطين الصوديوم فإنها تميل إلى التقريق Disperse وتكون ذات ملمس ناعم فنزلق Slick. فيؤثر الصوديوم على التربة في تخفيض نفاذية المياه في التربة وتكوين كتل متحجرة Hard clods عندما تجف وتتفكك عند الابتلال وتميل إلى تكوين قشرة سطحية عازلة Soil Surface Seal تقلل من نفاذية المياه خلالها.

فالصوديوم بالإضافة إلى تأثيره على بناء التربة له تأثير سام على النبات.

والتربة المتأثرة بالصوديوم يمكن تحسينها باستبدال الصوديوم المدمص Adsorbed Sodium على التربة بالكالسيوم وذلك عن طريق غسل أملاح الصوديوم مع إضافة مواد مثل الجبس Gypsum. أو حامض الكبريت Sulfuric Acid أو الكبريت Sulfur.

البوتاسيوم Potassium

يعتبر البوتاسيوم K^{+} من العناصر الأساسية في تغذية النبات ويوجد بكميات قليلة في مياه الري حيث يعتبر عنصر نادر Minor Element.

الأيونات الأساسية Principle Anions

الكبريتات Sulfate

لا يشكل أنيون الكبريتات SO_4^{--} أية ضرر سواء على التربة أو النباتات ولكن يسهم في زيادة ملوحة محلول التربة .

الكلوريد Chloride

بعكس الكبريتات فإن أنيون الكلوريد Cl^- له تأثير سام مباشر على النباتات بالإضافة إلى إسهامه في زيادة ملوحة التربة .

البيكربونات والكربونات Carbonate and Bicarbonate

تسهم الكربونات CO_3^{--} والبيكربونات HCO_3^- في زيادة ملوحة التربة.

نوعية المياه Water Quality

تحدد نوعية أو جودة مياه الري بعدة عوامل منها:

١- درجة الحموضة أو القلوية أو الرقم الهيدروجيني Acidity Or Alkalinity . pH

٢- التوصيل الكهربائي (EC) Electrical Conductivity .

٣- نسبة أدمصاص الصوديوم Sodium Adsorption Ratio SAR .

أولاً : درجة الحموضة أو القلوية pH

يعتبر تركيز أيون الهيدروجين (pH) في مياه الري مقياس لدرجة الحموضة أو القلوية.

$$pH = -\log(H^+) = \log\left(\frac{1}{H^+}\right)$$

$$\text{Dissociation constant } t = (H^+) * (OH^-) = 10^{-14}$$

ثابت التحلل أو التفكك dissociation constant يحكم نشاط كل من أيون الهيدروجين والهيدروكسيد .

عند pH = 7 : $(H^+) = 10^{-7} \text{ mol / L}$; therefore pH = 7 عند التعادل

فالرقم ٧ يعتبر متعادل Neutral لرقم (pH) أي لا تعتبر المياه حامضية أو قلوية أما إذا زاد عن ٧ فتعتبر المياه قلوية Alkaline . فإذا كان الرقم الهيدروجيني يساوي ٨,٥ أو أكبر من ذلك يدل هذا على أن الأملاح الذائبة Soluble Salts مرتفعة في المياه . وعلى ذلك فإن استخدام مياه مرتفعة في pH يتطلب زراعة محاصيل معينة ونسبة غسيل معينة أثناء عملية الري.

ثانياً: التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity

يقاس التركيز الكلي للأملاح في مياه الري بدرجة توصيل الأيونات للتيار الكهربائي.

وفى هذه الطريقة تقاس مقاومة الماء المحصور بين قطبين من البلاتين المسافة بينها ١ سم ومساحة كل منها ١ سم^٢. ومن المعروف أن مقاومة أي محلول لتدفق أي تيار كهربائي تقاس بالأوم Ohm ولتحويل هذه المقاومة إلى درجة توصيل فإنها تساوي مقلوب المقاومة بالأوم أي كمقلوب لوحدات المقاومة mho ويعبر عن درجة التوصيل الكهربائي بالموز /سم باللفظ (EC) أى Electrical Conductivity وحيث أن وحدة الموز /سم كبيرة وفى

العادة درجة التوصيل لمعظم المحاليل التي تقاس منخفضة فتقسم وحدة الموز إلى ١٠٠٠ وحدة ويطلق عليها المليموز $Ec \times 10^3$ أو تقسم إلى مليون وحدة ويطلق عليها الميكروموز $Ec \times 10^6$

$$\frac{1}{ohm} = 1 mho = 1 \times 10^3 mmhos = 1 \times 10^6 \mu mhos$$

وقد يعبر أيضا عن التركيز الكلي للأملاح الذائبة المقدر بجهاز قياس التوصيل الكهربائي EC-Meter بوحدة $ds/m = dsm^{-1}$ حيث يرمز حرف d إلى deci وحرف s إلى simens أي ديسيمنز على المتر حيث أن

$$1 mmhos / cm = 1 decisimens / m = 1 ds / m$$

ويقدر تركيز الأيونات المختلفة معمليا بوحدة المليمكافىء في اللتر

$$milliequivalent \text{ per liter} = meq / l$$

حيث أن تركيز الأيون بالجزء في المليون (ppm) يساوى الوزن المكافىء للأيون مضروبا في تركيز الأيون (meq/l) فمثلا تركيز الكربونات يحسب كما يلى:

$$Co_3^{--} (ppm) = Co_3^{--} (meq/l) \times Eq.Weight$$

حيث أن Eq.Weight هي الوزن المكافىء للكربونات حيث أن :

$$\frac{\text{الوزن الذرى أو الجزئى}}{\text{التكافؤ}} = \text{الوزن المكافىء}$$

$$Equivalent \text{ Weight} = \frac{Molecular \text{ or } Atomic \text{ Weight}}{Valence \text{ or } Charge \text{ per Formula}}$$

الوزن الذرى	الرمز	العنصر
٤٠	Ca	الكالسيوم
٢٤	Mg	الماغنسيوم
٢٣	Na	الصوديوم
٣٩	K	البوتاسيوم
٣٥	CL	الكلور
٣٢	S	الكبريت
١٦	O	الأكسجين
١	H	الهيدروجين
١٢	C	الكربون
١٤	N	النيتروجين

$$\frac{\text{الوزن الجزئى}}{\text{التكافؤ}} = \text{الوزن المكافىء للكربونات } CO_3^{--}$$

$$30 = \frac{60}{2} = \frac{16 \times 3 + 12}{2} =$$

ويعبر عن تركيز الأملاح Concentration في المياه بالمول في المتر المكعب من المحلول (mol/m^3) بالإضافة إلى التعبير من التركيز بالجرام في المتر المكعب g/m^3 أو الملى جرام في اللتر mg/L وحيث أن وزن اللتر من الماء هو ١ كيلو جرام ووزن المتر المكعب من الماء هو ١ طن أي ١٠٠٠ كيلو جرام فإن الجرام يمثل جزء في المليون من الطن أو أن الملى جرام يمثل جزء في المليون من الكيلو جرام ومن هنا ظهر التعبير عن

التركيز بالجزء في المليون (ppm) parts per million حيث تتساوى هذه التعبيرات كما يلي

$$1 \text{ g/m}^3 = 1 \text{ mg/L} = 1 \text{ ppm}$$

أما التركيز الأيوني Ionic concentration للأملح فيعبر عنه بالملي مكافئ في اللتر (meq/L) حيث أن العلاقة بين التركيز بالمول/م³ والتركيز بالملي مكافئ في اللتر هي

$$\text{mol/m}^3 = \frac{\text{meq/L}}{\text{Valence of the ion}}$$

حيث أن valence of the ion هو التكافؤ الأيون

ويعبر عن التركيز بالجزء في المليون بدلالة المول/م³ كما يلي:

$$\text{g/m}^3 = \text{mol/m}^3 \times \text{atomic weight of the ion}$$

فمثلا إذا كان تركيز الكالسيوم ١٠ مول/م³ فإن تركيز الكالسيوم بالجرام في المتر المكعب أو الجزء في المليون يساوي:

$$\text{g/m}^3 = 10 \times 40.1 = 401 \text{ g/m}^3$$

ويعبر عن الأملاح الكلية الذائبة في المياه Total dissolved salts (TDS) بالآتي:

ملي مكافئ في اللتر = درجة التوصل الكهربائي بالملي موز/سم × ١٠

$$\text{TDS (meq/l)} = \text{EC (ds/m)} \times 10$$

$$\text{TDS (mg/l)} = \text{EC (ds/m)} \times 640 \quad (\text{EC} < 5 \text{ ds/m})$$

$$= \text{EC (ds/m)} \times 800 \quad (\text{EC} < 5 \text{ ds/m})$$

كيفية الحكم على صحة التحليل الكيميائي لعينة المياه

- ١- يجب أن يتساوى بالتقريب مجموع تركيزات الكاتيونات (كالسيوم + ماغنسيوم + صوديوم) مع مجموع تركيزات الأنيونات (كلوريد + كربونات + بيكربونات + كبريتات) معبرا عنهم جميعا بوحدات الملي مكافئ في اللتر meq/l.

$$\text{TDS (meq/l)} = \sum \text{Anions (meq/l)} = \sum \text{cation (meq/l)}$$

وبناء على هذه النتيجة فانه يمكن استنتاج تركيز أحد الأيونات عن طريق الفرق بينهما.

- ٢- مجموع الكاتيونات أو مجموع الأنيونات معبرا عنها بوحدات الملي مكافئ في اللتر يجب أن تتساوى مع التوصل الكهربائي EC لعينة المياه معبرا عنها بالملي موز/سم أو ds/m مضروبة في ١٠. أي إذا كان تركيز الكاتيونات هو ١٢ ملي مكافئ في اللتر فإن التركيز الكلي للأملاح في عينة المياه يجب أن يكون في حدود ١,٢ ملي موز/سم أو ١,٢ × ٦٤٠ = ٧٦٨ جزء في المليون.

- ٣- إذا كان رقم الحموضة أو القلوية PH يساوي ٨ أو يزيد فإن ذلك غالبا ما يكون مصاحبا بتركيز ملموس للبيكربونات HCO₃⁻ في عينة المياه.

- ٤- إذا كانت نتائج التحليل لا تلبى النقاط السابقة فانه ينصح إعادة التحليل في معمل مختلف.

مثال: نتائج تحليل عينة مياه:

الكاتيونات Cations				الأنيونات Anions			
الأيون	التركيز مولي مكافئ على اللتر meq / l	الوزن المكافئ Equivalent Weight	التركيز ppm جزء في المليون	الأيون Ion	التركيز / l meq	الوزن المكافئ	التركيز ppm
كالمسيوم Ca ⁺⁺	٤,٥	٢٠	٩٠	كلوريد Cl ⁻	٢,٨٢	٣٥,٥	١٠٠
ماغنسيوم Mg ⁺⁺	٢,٤٦	١٢,٢	٣٠	كبريتات SO ₄ ⁻	٤,٦٩	٤٨	٢٢٥
صوديوم Na ⁺	٣,١٣	٢٣	٧٠	بيكربونات HCO ₃ ⁻	٢,٧	٦١	١٦٥
بوتاسيوم K ⁺	٠,١٥	٣٩,١	٦				
المجموع	١٠,٢٤		١٩٨		١٠,٢١		٤٩٠

ونلاحظ من الجدول أن تركيز الكاتيونات بالملي مكافئ في اللتر وهو ١٠,٢٤ يتساوى تقريبا مع تركيز الأنيونات بنفس الوحدات وهو ١٠,٢١ ويمكننا أن نتوقع التركيز الكلي للأملاح الذائبة وهو حوالي ١٠,٤ = ١٠ + ٠,٤ مولي موز/سم أي حوالي ٦٤٠ جزء في المليون والأنيونات كذلك يساوي ١٩٨ + ٤٩٠ = ٦٨٨ جزء

في المليون أي يتساوى تقريبا مع التوصيل الكهربى لعينة المياه المتوقع وهو حوالى ٦٤٠ جزء في المليون منا سبق استنتاجه.

والجدول السابق بالإضافة إلى أهمية في تقدير صلاحية المياه للري فانه مهم أيضا للتعرف على مدى وجود مشاكل لاستخدام هذه المياه في الري بالتقريب حيث توجد مشكل انسداد النقاطات فإذا زاد تركيز البيكربونات عن ٢ ملي مكافئ في اللتر وزاد رقم PH عن ٧,٥ يتسبب ذلك في ترسيب كربونات الكالسيوم. أما إذا زاد تركيز الكالسيوم عن ٢-٣ ملي مكافئ في اللتر يتسبب في ترسيبات أثناء حقن الأسمدة الفوسفاتية.

٤- نسبة لاد مصاص الصوديوم (SAR) Sodium Adsorption Ratio

تشير نسبة لاد مصاص الصوديوم إلى التأثير النسبي لتركيز الكاتيون على تراكم الصوديوم في التربة. ويحسب نسبة لاد مصاص الصوديوم من نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم والماغنسيوم حيث أن وجود كل من أيونات الكالسيوم والماغنسيوم مهم لمعادلة تأثير الصوديوم فالصوديوم يقوم بتفريق حبيبات التربة بعكس الكالسيوم والماغنسيوم الذي يعمل على تجميعها.

ويتم حساب نسبة لاد مصاص الصوديوم كما يلي:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

ويعبر عن الأيونات بوحدات ا ملي مكافئ في اللتر mill equivalents per liter (meq/l) وعلى ذلك فزيادة قيمة SAR تزيد خطورة للصوديوم.

تقسيم المياه حسب نوعيتها Water Quality Classifications

يتم تقسيم نوعية المياه عند كتابة تقرير تحليل المياه طبقاً لتقسيم معمل الملوحة الأمريكي U.S. Salinity Laboratory Classifications فهذا النظام من التقسيم يستخدم قيمة نسبة أو أمصاص الصوديوم SAR وقيمة التوصيل الكهربى بوحدة $EC \times 10^6$ أي بوحدة الميكروموز / سم حيث أن المليوموز / سم = 1000 ميكروموز / سم. والشكل رقم ١ يوضح هذا التقسيم فالمحور الأفقى سواء أسفل الشكل مرقم عليه قيمة التوصيل الكهربى وهو مقسم إلى ٤ أقسام لدرجة ملوحة المياه كما يلى:

تقسيم ملوحة المياه

منخفضة (C1) من ١٠٠ - ٢٥٠ ميكروموز / سم	تستخدم في ري كل المحاصيل لكل أنواع الأراضي
متوسطة (C2) من ٢٥٠ - ٧٥٠ ميكروموز / سم	تستخدم مع نسبة غسيل بسيطة
مرتفعة (C3) من ٧٥٠ - ٢٢٥٠ ميكروموز / سم	تستخدم مع نسبة غسيل وجود صرف جيد.
مرتفعة جداً (C4) أعلى من ٢٢٥٠ ميكروموز / سم	تستخدم للمحاصيل التى تتحمل الملوحة فقط

أما المحور الرأسى فى شكل (١-٤) فهو عبارة عن قيمة نسبة أد مصاص الصوديوم SAR فهي مقسمة إلى الأقسام الآتية:

منخفضة (S1) من صفر - ١٠	تستخدم لري كل المحاصيل لكل أنواع الأراضي.
متوسطة (S2) من ١٠ - ١٨	قد تسبب مشاكل قلوية في الأراضي الثقيلة عند نسبة غسيل قليلة وقد تستخدم في التربة الخفيفة ذات النفاذية العالية.
مرتفعة (S3) من ١٨ - ٢٦	قد تسبب مشاكل قلوية ويلزم لاستخدامها وجود نظام صرف جيد ونسبة غسيل مرتفعة واستخدام محسنات التربة مثل الجبس.
مرتفعة جداً (S4) أكبر من ٢٦	من الصعب استخدامها في أغراض الري.

مثال :

مياه درجة توصيلها الكهربى (الملوحة الكلية) تساوى ٥٠٠ ميكروموز / سم $EC \times 10^6 = 500$ ونسبة أمصاص الصوديوم SAR لها تساوى ٨. الحل: فى شكل (١-٤) نرسم خط عند قيمة التوصيل الكهربى ٥٠٠ وخط أفقى على المحور الرأسى عند SAR تساوى ٨ فيتقاطع الخطين عند القطعة المكتوب عليها S2-C2 أي متوسطة الملوحة ومتوسطة الصوديوم أي يحتاج استخدامها استعمال نسبة متوسطة من الاحتياجات الغسيلية وتستخدم لري الأراضي الخفيفة ذات النفاذية الجيدة أما إذا استخدمت في الأراضي الثقيلة فقد تسبب مشاكل قلوية للأرض ولذلك يراعى استخدام الاحتياجات الغسيلية مع مراعاة وجود نظام صرف جيد.

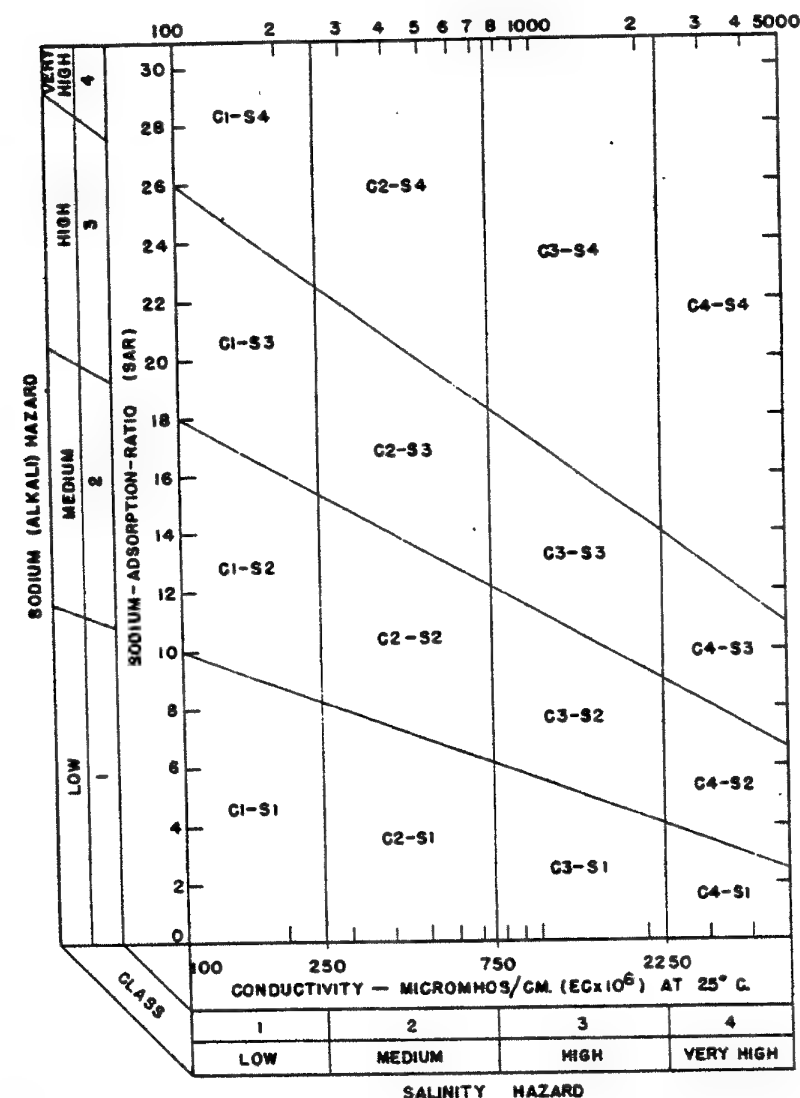
٥

الاستهلاك المائي

Evapotranspiration

الموارد المائية في المناطق الجافة محدودة ويجب استخدامها بكفاءة عالية لإنتاج المحاصيل بصورة اقتصادية ويستوجب ذلك معرفة الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة والذي يتوقف على الظروف الجوية التي ينمو فيها المحصول وعلى نوعية المحصول وعمره. ويعرف الاستهلاك المائي للمحصول بأنه كمية الماء التي يفقدها أو يستهلكها في عملياته الحيوية أثناء مراحل نموه أو بواسطة النتج أساساً هذا بالإضافة إلى تلك التي تفقد بعمليات التبخر من سطح التربة أو سطوح النباتات كما هو مبين بالشكل (٥-١).

وتتغير كمية الاستهلاك المائي تبعاً لتغير العوامل التي تؤثر على مكوناته وهي النتج والبخر وبذلك نجد أن الاستهلاك المائي اليومي لنبات معين يكون قليلاً مع بدء زراعته، ويتزايد مع تقدم نموه أو مع زيادة حرارة الجو وزيادة ساعات النهار (ساعات الضوء) حتى يصل إلى أقصى مدى له خلال فترة الإزهار. وواضح أن البخر من سطح التربة يكون العامل الأهم بل والوحيد في الاستهلاك المائي أثناء المرحلة الأولى في زراعة النبات (البذر وتكوين البادرة) لعدم وجود نتج وقتئذ.

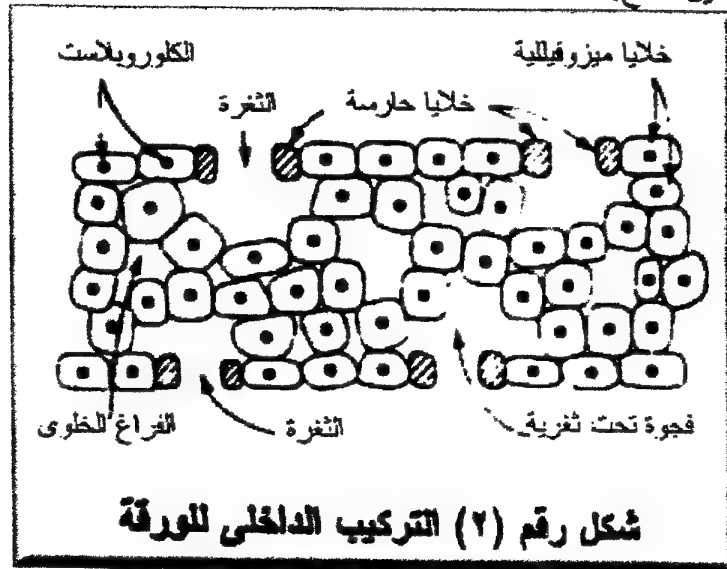


شكل (٤-١) تقسيم نوعية مياه الري . USDA, Agricultural

Handbook No. 60

الاستهلاك المائي م^٣/هكتار = العمق بالمم × ١٠,٠

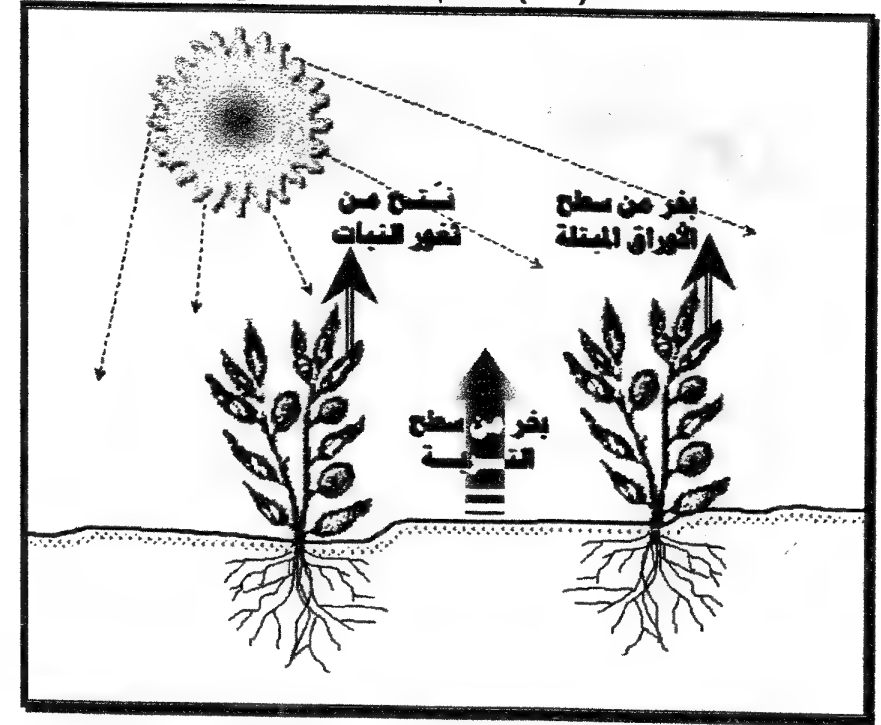
لما عملية النتج Transpiration فمن الناحية الفسيولوجية هي تسرب بخار الماء خلال ثغور النبات أو المسافات البينية لخلايا نسيج الأوراق. ويلاحظ أن عدد الثغرات لوحدة المساحة في الأوراق خلية من خواص المحصول وأيضاً مساحة الأوراق بالنسبة لمساحة الأرض وهو يسمى Leaf-area index. وكما هو مبين بالشكل (٥-٢) يوجد خلايا حارسة Guard cells عند مدخل الثغرة Stoma والتي تتحكم في فتحة الثغرة وبالتالي في مقدار النتج فإذا قلت رطوبة التربة تحاول الخلايا الحارسة إغلاق الثغرات جزئياً لتقليل النتج.



شكل رقم (٢) التركيب الداخلي للورقة

ويحدث ٩٥% من عملية النتج خلال ساعات النهار ويكون معدل النتج عادة أقل ما يمكن قبل غروب الشمس ويصل أقصاه قرب ساعات الظهيرة. أما للبخر من سطح التربة فيحدث بالليل والنهار معاً (٧٥% أثناء النهار). وأثناء عملية النتج يدخل الهواء الثغرات ليحل محل بخار الماء الذي يهرب خارج الثغرات وأثناء عملية البناء الضوئي photosynthesis يدخل

شكل (٥-١) مفهوم الاستهلاك المائي



ويتزايد النمو الخضري للنبات يزداد النتج ويكون حينئذ هو العامل الأكثر تأثيراً في الاستهلاك المائي. وتصمم نظم الري المختلفة على أقصى استهلاك مائي يومي Peak daily water use ويحسب من متوسط أقصى ٦ إلى ١٠ أيام يصل فيها الاستهلاك المائي إلى معدلات عالية وتتراوح قيمته غالباً من ٦ إلى ١٠ مم/يوم ويعبر عنه بوحدة العمق للمياه وهي عبارة عن كمية المياه لوحدة المساحة. وقد يعبر عن الاستهلاك المائي أيضاً بالمتري المكعب للفدان أو المتر المكعب للهكتار حيث يمكن استنتاج العلاقات المفيدة الآتية:

الاستهلاك المائي م^٣/فدان = العمق بالمم × ٤,٢

الهواء الورقة من خلال الثغرة وتقوم الخلايا الخضراء chloroplasts بتحويل ثاني أكسيد الكربون من الهواء مع جزء صغير من الماء (حوالي ١%) من الماء الممتص إلى كربوهيدرات لنمو النبات. ويمتص الماء النبات عن طريق الجذور. وتؤثر العوامل المناخية تأثيراً مباشراً في معدل النتج كدرجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي ويكون مجمل النتج من النباتات مع البخر من سطح التربة هو ما يسمى بالبخرننتح Evapotranspiration. وفي هذه الحالة فإن النتج بالإضافة إلى ما يتسرب من بخار الماء خلال ثغور النبات يتضمنان كل كمية المياه الممتصة بجذور النباتات بما فيها تلك الكمية التي يستعملها النبات في عمليات نموه أو تخزين في خلايا أنسجته. وفي الواقع فإن ما يحتاجه النبات لنشاطه الحيوي سواء باستعماله في عمليات النمو أو بتخزينه في أنسجته لا يتعدى ٥% مما يقوم فعلاً بامتصاصه بينما يفقد تقريباً ٩٥% بالنتج. أما البخر evaporation فهو كمية المياه التي تفقد على هيئة بخار ماء من سطح التربة أو أسطح النباتات مباشرة، وواضح أن كمية المياه التي تفقد بالبخر تتأثر كثيراً بكثافة النباتات ومساحة الجزء المغطى أو المظلل من سطح التربة. وتتوقف عملية البخر كما هو الحال في عملية النتج على العوامل الجوية المحيطة بالإضافة إلى المحتوى الرطوبي للتربة.

مما تقدم يتضح أن الاستهلاك المائي هو عبارة عن مجمل البخرننتح وهو يعتمد على عوامل خاصة بالمناخ (درجة الحرارة والرطوبة والرياح والإشعاع الشمسي) وعوامل خاصة بالمحصول مثل نوعه ومرحلة نموه.

تنقسم طرق تقدير الاستهلاك المائي إلى طرق حسابية تعتمد على بيانات الأرصاد الجوية واستخدام المعادلات وطرق القياس المباشر للاستهلاك المائي مثل الاتزان المائي واستعمال الليسيمترات.

الطرق الحسابية باستخدام بيانات الأرصاد الجوية

تعتمد الطرق الحسابية على استخدام بيانات الأرصاد الجوية في حساب تأثير العوامل المناخية على الاستهلاك المائي ثم معامل المحصول الذي يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه وذلك بتطبيق المعادلة الآتية:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

حيث ET_o الاستهلاك المائي للمحصول (مجلم البخرننتح للمحصول)

K_c معامل المحصول يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه

ET_o جهد البخرننتح Reference evapotranspiration أو البخرننتح المطلق

ويعرف جهد البخرننتح بأنه معدل البخرننتح من سطح نباتي أخضر متجانس عند ارتفاع ٨ إلى ١٥ سم في حالة نمو نشط ويغطي سطح التربة تماماً تحت ظروف لا ينقصها الماء. ويستخدم لحساب جهد البخرننتح معادلات وطرق عديدة تستخدم بيانات الأرصاد الجوية المختلفة. وسوف نتناول بالشرح الطرق الآتية مرتبة حسب أفضليتها ودقتها في المناطق الجافة وبيانات الأرصاد المطلوبة لاستخدامها.

طرق الإشعاع:

الإشعاع Radiation يعنى انبعاث طاقة على هيئة موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic waves من جميع الأجسام التي درجة حرارتها أعلى من الصفر المطلق (-٢٧٣°م). وتستطيع النباتات الخضراء أن تحول جزء من الإشعاع الشمسي إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي والتي تعتمد عليها الحياة على الأرض ولهذا السبب فمن الضروري تحليل اتران الطاقة والتي يدخل فيها اتران الإشعاعي. وتقدي الأشعة الشمسية العمودية الساقطة على الغلاف الجوي الخارجي بـ

الطريقة	درجة الحرارة	الرطوبة	سرعة الرياح	ساعات سطوع الشمس	البخر
طرق الإشعاع					
بنمان مونتيث Penman - Monteith	✓	✓	✓	✓	×
بنمان المعدلة Modified Penman	✓	✓	✓	✓	×
بنمان فلو FAO - 24 Penman	✓	✓	✓	✓	×
طرق درجة الحرارة					
بلاي كريدل FAO	✓	~	~	~	×
جنسن هيز Jensen - Haise	✓	×	×	×	×
بلاي كريدل SCS	✓	×	×	×	×
طريقة البخر					
وعاء البخر FAO Class A	×	~	~	×	✓
✓ بيانات مقاسة	~ بيانات تقديرية			× بيانات غير لازمة	

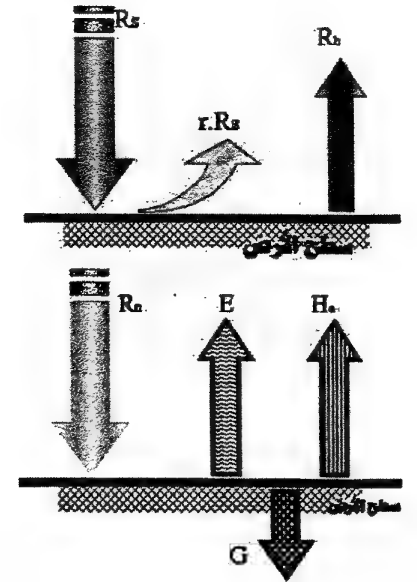
٢ كالورى/سم^٢ فى الدقيقة. وجميع هذه الأشعة يتراوح طول موجتها تقريباً من ٠,٣ إلى ٣ ميكرون (الميكرون = ١٠^{-٦} متر) أما الأشعة المرئية التى تتراوح أطوال موجاتها من ٠,٤ إلى ٠,٧ ميكرون فتصل إلى النصف. وتناظر الأشعة الشمسية الأشعة المنبعثة من جسم أسود تصل درجة حرارته المطلقة إلى ٦٠٠٠ درجة. وذلك حسب المعادلة ($\lambda T = 2900$) حيث أن λ هى طول الموجة بالميكرون و T درجة الحرارة المطلقة (درجة الحرارة المطلقة = درجة الحرارة المنوية + ٢٧٣). وحسب المعادلة السابقة فإن الأرض أيضاً تشع ولكن إشعاعات ذات موجات طويلة وشدة أقل حيث أن درجة حرارة سطح الأرض تبلغ حوالى ٣٠٠ درجة مطلقة وتتراوح طول الموجات

الطويلة هذه من ٣ إلى ٥٠ ميكرون. ولهذا السبب يطلق على الأشعة الساقطة من الشمس على الأرض بالأشعة القصيرة الموجة أما الأشعة المنبعثة أو المرتدة من الأرض فهى طويلة الموجة.

أما معامل الانعكاس Reflectivity coefficient (ويطلق عليه أيضاً Albedo) لسطح تجاه الموجات القصيرة فيختلف طبقاً للون وخشونة السطح وميل السطح ويتراوح قيمته من ٥ إلى ١٠% للماء، ١٠ إلى ٣٠% للمساحات الخضراء المزروعة، ١٥ إلى ٤٠% للأراضى المكشوفة، ويصل إلى ٩٠% للجليد fresh snow.

ويعرف الجسم الأسود Black body بأنه الجسم الذى يمتص كل الأشعة الساقطة عليه بدون انعكاس ويشع كذلك بأقصى كفاءة. فى المناطق الجافة Arid regions حيث نادراً ما يوجد سحب وتكون السماء صافية يصل الإشعاع الفعلى على سطح الأرض R_s إلى ما يزيد عن ٧٠% من قيمة الإشعاع الساقط على الغلاف الجوى الخارجى R_a extraterrestrial radiation حيث تنعكس الأشعة بتأثير الغبار فى الجو والغازات المختلفة. أى أن $R_s = 0.70 R_a$ أما فى المناطق الرطبة humid regions فتصل النسبة إلى أقل من ٤٠% حيث تكثر السحب وبالتالي فإن $R_s = 0.40 R_a$.

معادلة اتزان الطاقة Energy balance



$$R_n = R_s - r.R_s - R_b$$

$$R_n = R_s (1 - r) - R_b$$

$$R_n = H_a + G + E$$

حيث R_s الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض.

R_b الإشعاع المرتد من سطح الأرض في صورة أشعة طويلة

الموجة وهي تساوي تقريباً ٨٢ كالورى/سم^٢ لكل يوم

$r.R_s$ الإشعاع الشمسي المنعكس في صورة أشعة قصيرة الموجة.

H_a حرارة تسخين الهواء

G حرارة تسخين التربة

E حرارة التبخير

r معامل الإعتكاس ويؤخذ للأرض المنزوعة $r=0.23$. أما لسطح

مياه ممتد فإن قيمته تساوى 0.05

ويعاد جزء من الطاقة الشمسية الممتصة بواسطة الأرض مرة أخرى إلى الجو

على هيئة موجات طويلة وتسمى هذه الأشعة المعاد إشعاعها بالأشعة المرتدة

Back radiation ويسمى الفرق بين ما يصل الأرض من الإشعاع الشمسي

وبين ما ينعكس منه أو يعاد إشعاعه مرة أخرى بصاقى الإشعاع الشمسي R_n

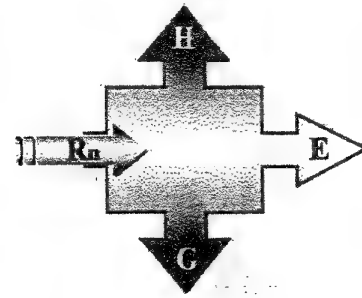
net radiation وهو يستهلك في الآتى :

أ تسخين سطح التربة G

ب تسخين الهواء الملاصق للتربة H_a

ج إمداد عملية الاستهلاك المائي بالطاقة

اللازمة لتبخير الماء E



ويختلف الإشعاع الشمسي بتغير عدد ساعات النهار N حيث تتغير بتغير خطوط العرض وقصول السنة وبالطبع فإنه كلما زادت ساعات النهار زادت كمية الإشعاع الممكنة فمن المعروف أن الليل والنهار يتساويان أى يكون كل منهما ١٢ ساعة عند خط الاستواء وتترايد الفروق بينهما حتى تصل إلى أقصاها عند المنطقة القطبية حيث تصل مدة النهار إلى ٢٤ ساعة في الصيف وصفر في الشتاء. وعلى ذلك فمن الممكن القول أنه في صيف المناطق القطبية تكون كمية الطاقة المشعة لكبر من أى جزء آخر ولكنها في الحقيقة تقل كثيراً نظراً للانعكاس وارتداد الأشعة الشمسية الناتج عن السطوح الجليدية هذا بالإضافة إلى زلوية ميل الأشعة الساقطة على هذه السطوح.

طرق حساب الاحتياج المائي

أ طريقة بنمان Penman Method

تأخذ المعادلة العامة لبنمان الصورة الآتية:

$$ET_o = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} R_n + E}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad (1)$$

وقد تأخذ الصورة الأخرى الآتية

$$ET_o = \frac{\Delta R_n + \gamma E}{\Delta + \gamma} \quad (2)$$

أو الصورة الآتية

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} R_n + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} E \quad (3)$$

وبوضع

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} ; \quad 1 - W = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$$

فإن معادلة بنمان تأخذ الصورة التالية

$$ET_o = W.R_n + (1 - W) E \quad (4)$$

والصورة رقم (١) من معادلة بنمان هي عبارة عن متوسط موزون لتأثير الأشعة الصافية R_n على الاستهلاك المائي وتأثير التبخير E (فرق الضغط البخاري وسرعة الرياح). فإيجاد قيمة R_n تكلمنا عنها سابقاً ويمكن إيجادها بمعرفة الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوي الخارجي R_a من المعادلة التالية

$$R_n = R_s (1 - r) - R_b$$

$$R_s = R_a \left(0.25 + 0.5 \left(\frac{n}{N} \right) \right)$$

حيث يمكن إيجاد قيمة R_a من الجدول رقم (٥-١) حيث تغطي قيم الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوي الخارجي Extraterrestrial Radiation, R_a بدلالة الشهر وخط العرض Latitude وذلك لنصف الكرة الأرضية الشمالي Northern Hemisphere أما قيمة n وهي

ساعات سطوع الشمس الفعلية في اليوم فهي تؤخذ من قراءات محطات الأرصاد الجوية بواسطة جهاز سطوع الشمس Sunshine Recorder. وقيمة N وهي متوسط أقصى ساعات سطوع للشمس لكل شهر من أشهر السنة ويمكن أخذها من جدول رقم (٥-٢) بدلالة الشهر وخط العرض. أما النسبة $\frac{n}{N}$ فيمكن تقديرها في حالة عدم وجود قراءات فعلية لقيمة n وذلك على أساس أن $\frac{n}{N}$ تساوي ٠,٨ في الأيام ذات السماء الصافية وتساوي ٠,٦ في حالة ٤٠% من ساعات النهار يغطيها سحب أو ٧٠% من ساعات النهار تغطيها سحب متفرقة. أما الحالة المتوسطة فهي تقع بين ٠,٦ إلى ٠,٨ ومعامل الانعكاس r للأشعة قصيرة الموجة تؤخذ في حالة الأراضي المنزرعة. $r = 0.23$

جدول (٥-أ) الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى Ra
بوحدة ميغا جول/م^٢/يوم بدلالة الشهر وخط العرض وذلك للنصف الجنوبى
للكرة الأرضية Southern Hemisphere (التحويل إلى مم/يوم انقسم
على ٢,٤٥)

Lat. deg.	Southern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.5	11.3	15.0	18.8	22.1
64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9
52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.7	13.2	14.4	15.0
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

جدول (٥-١١) الأشعة الشمسية الساقطة على الغلاف الجوى الخارجى Ra
بوحداث ميغا جول/م^٢/يوم بدلالة الشهر وخط العرض وذلك للنصف الشمالى
للكرة الأرضية Northern Hemisphere (للتحويل إلى مم/يوم اقسم على
٢,٤٥)

Lat. deg.	Northern Hemisphere											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
70	0.0	6.6	11.0	15.6	21.3	24.0	24.0	17.6	12.8	8.3	2.3	0.0
68	2.1	7.3	11.1	15.3	19.7	24.0	22.3	17.0	12.7	8.7	4.1	0.0
66	3.9	7.8	11.2	14.9	18.7	22.0	20.3	16.4	12.7	9.0	5.2	1.9
64	5.0	8.2	11.2	14.7	17.9	20.3	19.2	16.0	12.6	9.3	6.0	3.7
62	5.7	8.5	11.3	14.4	17.3	19.2	18.4	15.7	12.6	9.5	6.6	4.8
60	6.4	8.8	11.4	14.2	16.8	18.4	17.7	15.3	12.5	9.7	7.1	5.6
58	6.9	9.1	11.4	14.1	16.4	17.8	17.2	15.1	12.5	9.9	7.5	6.2
56	7.3	9.3	11.5	13.9	16.0	17.3	16.8	14.8	12.4	10.1	7.9	6.7
54	7.7	9.5	11.5	13.8	15.7	16.8	16.4	14.6	12.4	10.2	8.2	7.1
52	8.0	9.7	11.5	13.6	15.4	16.5	16.0	14.4	12.4	10.3	8.5	7.5
50	8.3	9.8	11.6	13.5	15.2	16.1	15.7	14.3	12.3	10.4	8.7	7.9
48	8.6	10.0	11.6	13.4	15.0	15.8	15.5	14.1	12.3	10.6	9.0	8.2
46	8.8	10.1	11.6	13.3	14.8	15.5	15.2	14.0	12.3	10.7	9.2	8.5
44	9.1	10.3	11.6	13.2	14.6	15.3	15.0	13.8	12.3	10.7	9.4	8.7
42	9.3	10.4	11.7	13.2	14.4	15.0	14.8	13.7	12.3	10.8	9.6	9.0
40	9.5	10.5	11.7	13.1	14.2	14.8	14.6	13.6	12.2	10.9	9.7	9.2
38	9.6	10.6	11.7	13.0	14.1	14.6	14.4	13.5	12.2	11.0	9.9	9.4
36	9.8	10.7	11.7	12.9	13.9	14.4	14.2	13.4	12.2	11.1	10.1	9.6
34	10.0	10.8	11.8	12.9	13.8	14.3	14.1	13.3	12.2	11.1	10.2	9.7
32	10.1	10.9	11.8	12.8	13.6	14.1	13.9	13.2	12.2	11.2	10.3	9.9
30	10.3	11.0	11.8	12.7	13.5	13.9	13.8	13.1	12.2	11.3	10.5	10.1
28	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2
26	10.5	11.1	11.8	12.6	13.3	13.6	13.5	12.9	12.1	11.4	10.7	10.4
24	10.7	11.2	11.8	12.6	13.2	13.5	13.3	12.8	12.1	11.4	10.8	10.5
22	10.8	11.3	11.9	12.5	13.1	13.3	13.2	12.8	12.1	11.5	10.9	10.7
20	10.9	11.3	11.9	12.5	12.9	13.2	13.1	12.7	12.1	11.5	11.0	10.8
18	11.0	11.4	11.9	12.4	12.8	13.1	13.0	12.6	12.1	11.6	11.1	10.9
16	11.1	11.5	11.9	12.4	12.7	12.9	12.9	12.5	12.1	11.6	11.2	11.1
14	11.3	11.6	11.9	12.3	12.6	12.8	12.8	12.5	12.1	11.7	11.3	11.2
12	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3
10	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4
8	11.6	11.7	11.9	12.2	12.4	12.5	12.4	12.3	12.0	11.8	11.6	11.5
6	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7
4	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8
2	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

جدول (٢-٥) ويبين متوسط أقصى ساعات سطوع للشمس N لكل شهر بدلالة خط العرض وذلك لنصفى الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي

Northern Latitude	Southern Latitude	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
		July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
50°		8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48°		8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46°		9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44°		9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42°		9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40°		9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35°		10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30°		10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.3	10.6	10.2
25°		10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20°		11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.2	11.7	11.4	10.9
15°		11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.1	11.8	11.6	11.5
10°		11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	12.0	11.9	11.8
5°		11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	12.0	12.0
0°		12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

أما R_0 فهي الأشعة المرتدة وهي طويلة الموجة وتشتع من الأرض فلها معادلات لحسابها ولكن يمكن تقريبها وأخذها تساوي: $R_0 = 82 \text{ Cal/cm}^2 \text{ day}$ أي ١,٤ مم/يوم.

وتحتوى معادلة بنمان علاوة على قيمة R_n على قيمة E وهذه القيمة تسببت في التعديل المستمر لمعادلة بنمان فكلما أدخل تعديلا على طريقة حساب قيمة E . تُعدّل معادلة بنمان حيث أن قيمة E تمثل تأثير كل من فرق الضغط البخارى وسرعة الرياح على التبخر ويمكن وضع معادلة حساب E على الصورة العامة الآتية:

المعادلة	وحدات E	وحدات e
$E = 0.35 W_f (e_s - e_a)$	مم/يوم	مم زئبق
$E = 0.26 W_f (e_s - e_a)$	مم/يوم	مللى بار
$E = 15.36 W_f (e_s - e_a)$	كالورى/سم ^٢ /يوم	مللى بار
$E = 6.43 W_f (e_s - e_a)$	ميجا جول/م ^٢ /يوم	كيلو باسكال

حيث e_a : الضغط البخارى الفعلى عند درجة حرارة نقطة الندى

e_s : الضغط البخارى المشبع عند درجة الحرارة اليومية المتوسطة.

أما تأثير سرعة الرياح U_2 فيحسب من إحدى المعادلات الآتية.

المعادلة	وحدات U_2 (على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض)
$W_f = 1 + 0.01 U_2$	ميل/يوم
$W_f = 1 + 0.0062 U_2$	كم/يوم
$W_f = 1 + 0.536 U_2$	متر/ث

وهذه هي بعض ثوابت التحويل المفيدة والتي استخدمت في المعادلات السابقة

$$1 \text{ mm Hg} = 1.3332 \text{ mb} = 0.1333 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 59 \text{ cal/cm}^2 = 2.45 \text{ MJ/m}^2$$

$$1 \text{ m/s} = 86.4 \text{ km/day}$$

$$1 \text{ mile} = 1.61 \text{ km}$$

ويمكن إيجاد الضغط البخاري بدلالة درجة الحرارة من جدول (٣-٥) حيث يتم إيجاد e_s بدلالة متوسط درجة الحرارة اليومية أما e_a فتوجد بدلالة درجة حرارة نقطة الندى وفي حالة عدم معرفتها يمكن استخدام درجة الحرارة الصغرى. وعند معرفة الرطوبة النسبية RH يمكن التعويض عن قيمة e_a من المعادلة $e_a = e_s \cdot RH$ ويعوض عن الرطوبة النسبية بالقيمة الكسرية وليس كنسبة مئوية أما γ فهي ثابت سيكرومترى ويساوى ٠,٦٦ مللي بار/°م (٠,٠٦٦ كيلوباسكال/°م)

Δ : ميل منحنى الضغط البخاري المشبع للهواء مللي بار/°م ويمكن إيجاده من جدول (٤-٥) ولكن بوحدات كيلوباسكال/°م ولتحويلها بوحدات مللي بار/°م نقسم على ١٠.

ويمكن إيجاد قيمة W مباشرة من جدول (٥-٥) بدلالة درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر altitude بالمتر.

وقد جاءت معادلة منظمة الأغذية والزراعة FAO مختلفة في قيمة معادلة تأثير الرياح فتأخذ معادلة الفاو الشهيرة Doorenbos and Pruitt,

1977 للصورة التالية Penman FAO - 14,

$$ET_o = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot F(u) \cdot (e_s - e_a)]$$

$$\text{Where } F(u) = 0.27 (1 + 0.01 U_2)$$

حيث U_2 هي سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض بوحدات كم/يوم ومن هنا يحدث الاختلاف بين معادلة الفاو ومعادلة بنمان الأصلية حيث أن الثابت في المعادلة هو 0.01 بدلا من 0.0062. وذلك لاستعمال وحدات سرعة الرياح بالكم/ساعة بدلا من ميل/ساعة وهذا هو الاختلاف.

جدول (٣-٥) الضغط البخاري بدلالة درجة الحرارة

T °C	e_s kPa	T °C	e_s (T) kPa	T °C	e_s (T) kPa	T °C	e_s kPa
1.0	0.657	13.0	1.498	25.0	3.168	37.0	6.275
1.5	0.681	13.5	1.547	25.5	3.263	37.5	6.448
2.0	0.706	14.0	1.599	26.0	3.361	38.0	6.625
2.5	0.731	14.5	1.651	26.5	3.462	38.5	6.806
3.0	0.758	15.0	1.705	27.0	3.565	39.0	6.991
3.5	0.785	15.5	1.761	27.5	3.671	39.5	7.181
4.0	0.813	16.0	1.818	28.0	3.780	40.0	7.376
4.5	0.842	16.5	1.877	28.5	3.891	40.5	7.574
5.0	0.872	17.0	1.938	29.0	4.006	41.0	7.778
5.5	0.903	17.5	2.000	29.5	4.123	41.5	7.986
6.0	0.935	18.0	2.064	30.0	4.243	42.0	8.199
6.5	0.968	18.5	2.130	30.5	4.366	42.5	8.417
7.0	1.002	19.0	2.197	31.0	4.493	43.0	8.640
7.5	1.037	19.5	2.267	31.5	4.622	43.5	8.867
8.0	1.073	20.0	2.338	32.0	4.755	44.0	9.101
8.5	1.110	20.5	2.412	32.5	4.891	44.5	9.339
9.0	1.148	21.0	2.487	33.0	5.030	45.0	9.582
9.5	1.187	21.5	2.564	33.5	5.173	45.5	9.832
10.0	1.228	22.0	2.644	34.0	5.319	46.0	10.086
10.5	1.270	22.5	2.726	34.5	5.469	46.5	10.347
11.0	1.313	23.0	2.809	35.0	5.623	47.0	10.613
11.5	1.357	23.5	2.896	35.5	5.780	47.5	10.885
12.0	1.403	24.0	2.984	36.0	5.941	48.0	11.163
12.5	1.449	24.5	3.075	36.5	6.106	48.5	11.447

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude m	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.84	.85
500	.44	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.83	.85	.86	.87
2000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.89
4000	.54	.56	.59	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.90

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(1-W) at altitude m	0.57	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.32	.29	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.17	.16	.15
500	.56	.53	.49	.46	.43	.40	.38	.35	.33	.30	.28	.26	.24	.22	.21	.19	.18	.16	.15	.14
1000	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.20	.18	.17	.15	.14	.13
2000	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12
3000	.49	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11
4000	.46	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11	.10

جدول (٥-٥) بين قيم المعامل الوزني W لتأثير الإشعاع على جهد البخار نتج بدلالة درجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر (altitude)

جدول (٥-٤) ميل منحني الضغط البخاري الشبع بدلالة درجة الحرارة

T°C	Δ	T°C	Δ	T°C	Δ	T°C	Δ
kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C	kPa/°C
1.0	0.047	13.0	0.098	25.0	0.189	37.0	0.342
1.5	0.049	13.5	0.101	25.5	0.194	37.5	0.350
2.0	0.050	14.0	0.104	26.0	0.199	38.0	0.358
2.5	0.052	14.5	0.107	26.5	0.204	38.5	0.367
3.0	0.054	15.0	0.110	27.0	0.209	39.0	0.375
3.5	0.055	15.5	0.113	27.5	0.215	39.5	0.384
4.0	0.057	16.0	0.116	28.0	0.220	40.0	0.393
4.5	0.059	16.5	0.119	28.5	0.226	40.5	0.402
5.0	0.061	17.0	0.123	29.0	0.231	41.0	0.412
5.5	0.063	17.5	0.126	29.5	0.237	41.5	0.421
6.0	0.065	18.0	0.130	30.0	0.243	42.0	0.431
6.5	0.067	18.5	0.133	30.5	0.249	42.5	0.441
7.0	0.069	19.0	0.137	31.0	0.256	43.0	0.451
7.5	0.071	19.5	0.141	31.5	0.262	43.5	0.461
8.0	0.073	20.0	0.145	32.0	0.269	44.0	0.471
8.5	0.075	20.5	0.149	32.5	0.275	44.5	0.482
9.0	0.078	21.0	0.153	33.0	0.282	45.0	0.493
9.5	0.080	21.5	0.157	33.5	0.289	45.5	0.504
10.0	0.082	22.0	0.161	34.0	0.296	46.0	0.515
10.5	0.085	22.5	0.165	34.5	0.303	46.5	0.526
11.0	0.087	23.0	0.170	35.0	0.311	47.0	0.538
11.5	0.090	23.5	0.174	35.5	0.318	47.5	0.550
12.0	0.092	24.0	0.179	36.0	0.326	48.0	0.562
12.5	0.095	24.5	0.184	36.5	0.334	48.5	0.574

وعند وضع قيمة C معامل التصحيح Adjustment Factor في المعادلة يساوى $C = 1$ فإن المعادلة تسمى المعادلة غير المصححة uncorrected FAO - 24 Penman أما عند التعويض بقيمة C وهى تقل عن الواحد الصحيح قليلا تسمى المعادلة Corrected FAO واستخدام معامل التصحيح يأخذ في الاعتبار تأثير الاختلاف في الظروف الجوية بين النهار والليل. ولإيجاد قيمة C يجب معرفة القيمة التقريبية لكل من الرطوبة النسبية القصوى وسرعة الرياح ونسبة سرعة الرياح أثناء النهار إلى نسبتها أثناء الليل بالإضافة إلى الإشعاع الساقط على سطح الأرض R_s .

وأحدث تعديل تم إجراؤه على معادلة بنمان كان سنة ١٩٨٩ وأطلق على معادلة بنمان بمعادلة بنمان مونتيث FAO Penman - Monteith حيث وافقت لجنة الخبرة الاستشارية لمنظمة الأغذية والزراعة FAO بالإجماع على التوصية بأن معادلة بنمان مونتيث هى أفضل الطرق لحساب جهد البخرنتج ET_o كما هى منشورة بواسطة Allen et al. (1989) وتستخدم هذه الطريقة قيم ثابتة لمقاومة سطح النبات وارتفاع المحصول مما يقتضى إعادة تعريف البخرنتج المطلق ET_o بأنه البخرنتج من محصول افتراضى ارتفاعه ١.٢م وله مقاومة سطح ثابتة ٧٠ ثانية/متر (عكس وحدات السرعة) ومعامل انعكاس ٠.٢٣ ويمثل البخرنتج من سطح نباتى أخضر متجانس فى حالة نمو نشط ويغطى سطح التربة تماما تحت ظروف لا ينقصها الماء.

وتستخدم معادلة بنمان مونتيث لحساب البخرنتج المطلق على مدى ٢٤ ساعة للبيانات المتوسطة لليوم أو للشهر وتأخذ الصورة التالية.

$$ET_o = \frac{\Delta R_n + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

حيث ET_o جهد البخرنتج (مم/يوم)

R_n صافى الأشعة الساقطة بوحدة م/يوم

U_2 سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض (متر/ثانية)

$e_s - e_a$ فرق الضغط البخارى بوحدة كيلو باسكال kPa
 Δ ميل منحني الضغط البخارى بالكيلو باسكال/°م $(kPa/°C)$
 جدول (٤).

γ ثابت سيكرومترى ويساوى ٠.٠٦٦ كيلو باسكال/°م
 ٩٠٠ معامل تحويل

$$\Delta = \frac{4098 e^{\circ}(T)}{(T+237.3)^2} \text{ kPa/}^{\circ}\text{C}$$

حيث T درجة الحرارة المتوسطة درجة مئوية
 $e^{\circ}(T)$ الضغط البخارى المشبع kPa عند درجة الحرارة T
 جدول (٣).

حيث $e^{\circ}(T) = 0.6108 \cdot \exp\left[\frac{17.27 \times T}{237.3 + T}\right]$ و $\exp(x)$ تعنى e^x حيث

e هى الأساس الطبيعى ويساوى ٢.٧١٨٣.

وقد أشارت بعض الدراسات إلى أنه فى المناطق الرطبة يمكن استخدام درجة الحرارة الصغرى فى حساب الضغط البخارى الفعلى e_a بدلا من استخدام درجة حرارة نقطة الندى. ولكن فى المناطق الجافة تقل درجة الحرارة الصغرى بحوالى درجة واحدة إلى ثلاث درجات مئوية عن نقطة الندى عندما تكون محطة الأرصاد الجوية محاطة بغطاء نباتى ولذلك تصحح درجة الحرارة الصغرى بطرح درجتين مئويتين منها، وتستخدم معادلة Tentens , 1930 فى حساب الضغط البخارى الفعلى e_a كيلو باسكال بمعلومية درجة الحرارة اليومية الصغرى T_{min} كالآتى

$$e_a = 0.611 \cdot \exp\left[\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right]$$

وفى العادة يتم إيجاد ضغط البخار الفعلى بمعلومية درجة الحرارة الصغرى والقصى T_{min} , T_{max} والرطوبة النسبية القصوى والصغرى RH_{max} , RH_{min} كما يلى:-

$$e_a = \frac{e_o(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} + e_o(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100}}{2}$$

ويمكن حساب الضغط البخاري المشبع e_s بالكيلو باسكال عند درجة الحرارة اليومية المتوسطة درجة مئوية كالآتي

$$e_s = \frac{e_o(T_{\max}) + e_o(T_{\min})}{2}$$

حيث T_{\max} و T_{\min} هما درجتى الحرارة الصغرى والكبرى على التوالى.

عندما تكون بيانات سرعة الرياح غير متوافرة فى الموقع أو قد تكون متغيرة بدرجة كبيرة من يوم لآخر فإنه يمكن استخدام المتوسط الشهرى لسرعة الرياح اليومية. وفى حالة عدم توافر بيانات عن سرعة الرياح تماماً يمكن اخذ المتوسط اليومي العالمى $U_2 = 2 \text{ m/s}$. حيث أنه فى حالات الرياح الشديدة يكون المتوسط اليومي العالمى 3 م/ث (260 كم/يوم) وفى حالات الرياح المنخفضة يكون المتوسط اليومي العالمى 1 م/ث (90 كم/يوم). وقد تأخذ معادلة بنمان-مونتيس الصيغة العامة الآتية:-

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

حيث أن الرقم 0.408 هو لتحويل وحدات الإشعاع R_n فى المعادلة

من

$\text{MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{day}$ الى $\text{مم} / \text{يوم}$ ولم يظهر هذا الرقم فى المعادلة

الأولى لأن وحدات الإشعاع R_n كانت بالـ $\text{مم} / \text{يوم}$.

$G =$ تأثير حرارة التربة Soil heat flux ($\text{MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{day}$)

وتهمل حرارة التربة فى المعادلة إذا كانت فترة الحساب تتراوح بين

١ - ١٠ يوم أما إذا كانت فترة الحساب شهرية فتحسب كما يلي

$$G_{\text{month}} = 0.14 (T_{\text{month}} - T_{\text{month}-1})$$

حيث T_{month} متوسط درجة حرارة الشهر المطلوب حساب جهد البخر نتج له أما $T_{\text{month}-1}$ فهي متوسط درجة حرارة الشهر السابق درجة مئوية.

٢- طرق درجة الحرارة

أ بلانى كريدل Blaney - Criddle Method

تعد طريقة بلانى كريدل من الطرق المعروفة لحساب الاستهلاك المائى للمحاصيل فى غرب الولايات المتحدة واستعملت على نطاق واسع فى جميع أنحاء العالم. وأساس هذه الطريقة هى قياسات الاستهلاك المائى التى أجريت على مدى عشرين عاماً منذ ١٩٢٠ باستخدام طريقة تقدير الرطوبة لعينات التربة وكانت العلاقة التجريبية الأولى بواسطة Blaney & Morin (1942) واعتمدت على متوسط درجة الحرارة ومتوسط الرطوبة النسبية ومتوسط النسبة المئوية لساعات النهار الشهرية. ثم عدلت هذه العلاقة بعد ذلك وBlaney and Criddle (1945 , 1950 , 1962) وذلك بإخراج حد الرطوبة النسبية من العلاقة لتصبح دالة فى درجة الحرارة و ساعات النهار الشهرية ويمكن كتابتها على الصورة التالية بالوحدات المترية

$$ET_o = P(0.46t + 8.13) \text{ mm/day}$$

حيث P النسبة المئوية لساعات النهار اليومية وتستخرج من جدول (٦-٥)

بمعلومية خط العرض Latitude ورقم الشهر من السنة.

t متوسط درجة الحرارة اليومية بالدرجة المئوية.

ET_o جهد البخر نتج مم/يوم .

ج - بلاني كريبل فاو FAO Blaney - Criddle Method

تعتمد طريقة الفاو بدلاً من إدخال معامل درجة الحرارة على إدخال تأثير كل من الرطوبة النسبية ونسبة ساعات السطوع وسرعة الرياح أثناء النهار.

جدول (٥-٦). النسبة المئوية لساعات النهار اليومية بدلالة خط العرض Latitude والشهر من شهور السنة.

د- طريقة جنسن هيز (1963) Jensen - Haise

قام كل من جنسن وهيز بأخذ قراءات ٣٠٠٠ تجربة على مدى ٣٥ عام وتحديد الاستهلاك المائي عن طريق أخذ عينات رطوبة التربة وتم إيجاد علاقة خطية لمائة تجربة وكانت العلاقة كالتالي:

$$ET_o = R_s (0.025t + 0.08)$$

حيث ET_o جهد البخرنتج بالمم/يوم

t متوسط درجة الحرارة اليومية درجة مئوية.

R_s الإشعاع الشمس الساقط على سطح الأرض (مم/يوم).

هـ طريقة هارجريفز Hargreaves et al., 1985

نشر هارجريفز و آخرون عام ١٩٨٥ طريقة مبسطة لحساب

البخرنتج من بيانات درجة الحرارة كالتالي:

$$ET_o = 0.0023 R_a (T_{mean} + 17.8) \sqrt{T_{max} - T_{min}}$$

حيث ET_o جهد البخرنتج بالمم/يوم

R_a الإشعاع الشمس الساقط على غلاف الأرض الخارجى (مم/يوم)

T_{mean} متوسط درجة الحرارة اليومية درجة مئوية.

T_{min} درجة الحرارة الصغرى اليومية.

T_{max} درجة الحرارة القصوى اليومية.

جدول (٥-٦) النسبة المئوية لساعات النهار اليومية بدلالة خط العرض Latitude ورقم الشهر فى السنة.

North Latitude South ¹	Jan July	Feb Aug	Mar Sept	Apr Oct	May Nov	June Dec	July Jan	Aug Feb	Sept Mar	Oct Apr	Nov May	Dec June
60°	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44	.21	.24	.27	.30	.33	.35	.34	.31	.28	.25	.22	.20
42	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40	.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31	.30	.28	.26	.24	.23
25	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20	.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

¹Southern latitudes: apply 6-month difference as shown.

ب بلاني كريبل المعدلة SCS Blaney Criddle (USDA , 1970)

أدخلت هيئة صيانة التربة الأمريكية تعديلا على معادلة بلاني كريبل

وذلك بإضافة معامل لدرجة الحرارة للمعادلة لتصبح كما يلي

$$ET_o = K_t P (0.46t + 8.13)$$

$$K_t = 0.031t + 0.24$$

حيث K_t : معامل درجة الحرارة

t : متوسط درجة الحرارة اليومية خلال الشهر درجة مئوية

٣ طريقة البخر Evaporation Method

يمكن استخدام وعاء البخر لتقدير جهد البخرنتج باستخدام المعادلة

الآتية

$$ET_o = K_p E_p$$

حيث K_p معامل وعاء البخر ويعتمد على نوع الوعاء ووضعه.

E_p مقدار البخر من الوعاء بالمم/يوم

وعاء البخر الأمريكى للقياس Class A pan عبارة عن وعاء قطره

١٢١ سم وعمقه ٢٥ سم مصنوع من الحديد المجلفن ويوضع على سطح خشبي

بحيث يرتفع عن سطح الأرض ١٠ سم ويحفظ سطح الماء به عند مستوى حوالى

٥ إلى ٧,٥ سم أسفل حافة الوعاء وعند تغطية الوعاء بشبكة من السلك بغرض

حمايته من الطيور بفتحات نصف بوصة فإن معامل الوعاء يجب زيادته بمقدار من

إلى ١٠% عن قيمته بدون الشبكة. وتحدد قيمة معامل الوعاء بمعرفة موضع

الوعاء إذا كان موضوع وسط منطقة جافة غير منزوعة أو العكس وإيضاً بمعرفة

سرعة الرياح السائدة والرطوبة النسبية. وعموماً فإن معامل وعاء البخر يتراوح

قيمته من ٠,٦ إلى ٠,٨ بقيمة متوسطة مقدارها ٠,٧ وفى للزراعات المحمية يكون

قراءة وعاء البخر داخل للصوبة تقل عن قراءة وعاء البخر فى محطة الأرصاد

بمقدار ٧٠% تقريباً. ومن واقع للتجارب وجد أن الارتباط بين قيمة البخر من وعاء

البخر وقيمة الاستهلاك المائي تزداد إذا لم تكن النباتات والأرض تعانين من نقص

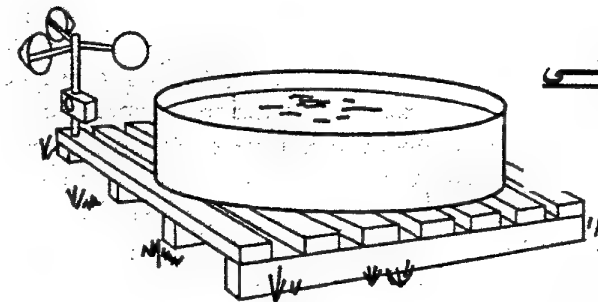
فى الرطوبة. و المعروف أن الظروف الجوية السائدة هى المؤثر الأساسى على كل

من عمليات البخر من سطح الماء، والبخر من سطح الأرض، والنتج من أسطح

النبات.

وعاء البخر الأمريكى

القياسى



٦

معامل المحصول

Crop Coefficient (K_c)

تختلف الاحتياجات المائية للنبات باختلاف مراحل نموه فإذا اعتبرنا محصولاً حورياً فإننا نجد أن الاحتياجات المائية تتزايد على طول فترة النمو الخضري إلى أن يشرع النبات فى الإزهار حيث تصل احتياجاته المائية إلى أعلى المعدلات. وبعد فترة التلقيح وعقد الثمار يبدأ معدل الاستهلاك المائي فى الانخفاض تدريجياً إلى أن يتوقف نتج النبات تماماً بانتهاء دورة حياته ويتوقف حينئذ استهلاكه للماء كلية.

وعادة تفضل الريات الخفيفة المتكررة فى المراحل الأولى من النمو الخضري حيث تكون الجذور سطحية غير متعمقة، ثم تتزايد كميات مياه الري وتتباعد فتراته مع نمو النبات خضرياً ويصل معدل استهلاك المائي إلى أقصاه خلال أو قرب التزهير. ولذلك يجب الحرص الشديد على توفير المياه فى منطقة جذور النباتات خلال هذه الفترة. وقد يخفف من حدة الاستهلاك تعمق

المجموع الجذري وانتشاره في طبقات أكبر من قطاع التربة وبذلك تزيد قدرته في استخلاص الماء من مخزون مائي أكبر.

وعند بداية الإثمار يكون المجموع الجذري قد وصل إلى أقصى مداه كما أن الاحتياجات المائية تتناقص مما يؤدي إلى خفض كميات المياه المعطاة وإطالة الزمن بين الريات وبالتالي ينخفض عددها. وقد تكون هناك اعتبارات خاصة لبعض المحاصيل خصوصا التي تنمو ثمارها تحت سطح التربة كالقنول السوداني والبطاطس والذي يؤدي جفاف التربة أثناء نمو الدرنات والثمار إلى تشوهات في شكلها.

يؤثر نوع الحصول تأثيرا كبيرا علي الاستهلاك المائي للأسباب الآتية:-

- ١- المساحة الورقية Leaf area ٢- توجيه الأوراق Leaf orientation
- ٣- سطح الأوراق (شمعية أو لامعة) Leaf surface
- ٤- الثغرات Stomata (وضع الثغرات علي سطح الورقة العلوي أو السفلي والخلايا الحارسة التي تتحكم في فتح الثغرة)

مراحل نمو المحصول

يقسم موسم نمو أى محصول إلى أربعة مراحل Four stages

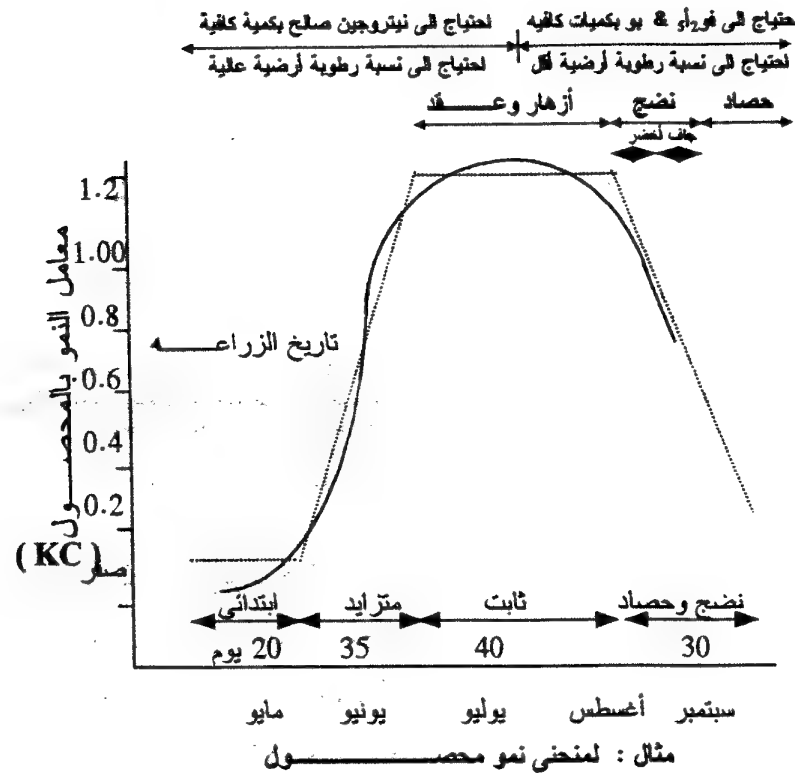
١ - المرحلة الأولى (مرحلة بداية النمو) Initial stage

وتغطي مرحلة الإنبات ومرحلة النمو المبكرة حيث تكون نسبة تغطية المحصول للأرض أقل من ١٠%

٢ - المرحلة الثانية (مرحلة تطور النمو) Crop development stage

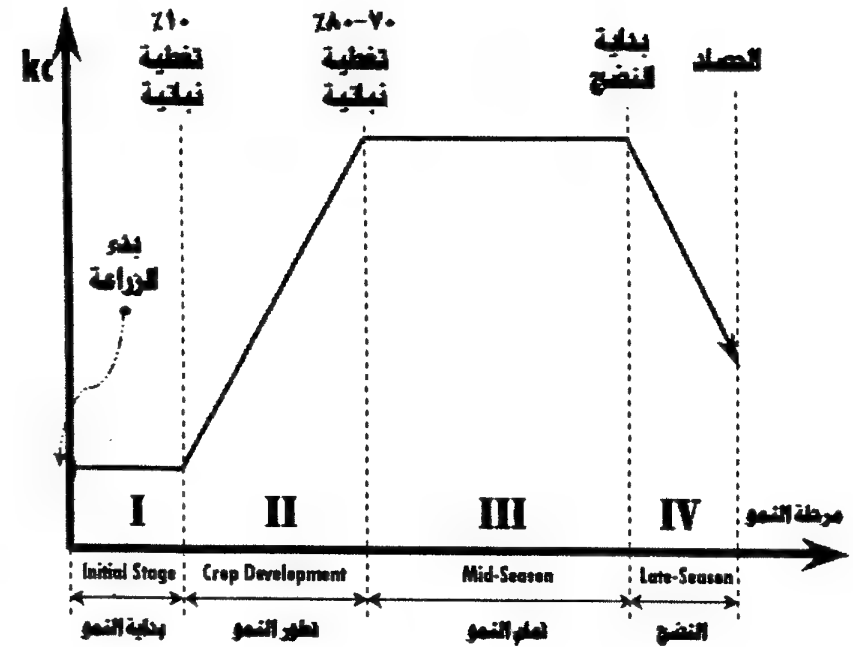
وتبدأ عند نهاية المرحلة الأولى وحتى وصول المحصول إلى التغطية شبه الكاملة للأرض (٧٠-٨٠%). ويتزايد معامل المحصول فيها بتزايد النمو

الخضري للمحصول ويحتاج المحصول في هذه المرحلة إلى رطوبة أرضية عالية وإلى نيتروجين بكمية كافية.



٣ - المرحلة الثالثة (مرحلة ثبات النمو) Mid-season stage

وتبدأ من نهاية المرحلة الثانية حتى بداية مرحلة النضج وتشمل هذه المرحلة الإزهار والتلقيح وعقد الثمار ويبلغ معامل المحصول في هذه المرحلة قيمته القصوى وهذه المرحلة هي المرحلة الحرجة لنمو المحصول من حيث احتياجه للرطوبة الأرضية بدرجة كافية.



٤ - المرحلة الرابعة (مرحلة النضج والحصاد) Late season stage

وتبدأ هذه المرحلة من بداية النضج وحتى الحصاد وفي هذه المرحلة يحتاج المحصول إلى نسبة رطوبة أرضية أقل وفيها أيضاً يقل معامل المحصول حيث تصفر الأوراق وتبدأ في السقوط. ويحتاج المحصول في بداية هذه المرحلة إلى التسميد الفوسفاتي (قو ٢٠ أ هـ) والبوتاسي (بو) بكميات كافية.

الفترات المختلفة لمراحل نمو المحصول

كما سبق فقد تم تقسيم مراحل نمو المحصول إلى أربعة مراحل مختلفة؛ هي مرحلة بداية النمو ثم مرحلة تطور النمو ثم مرحلة ثبات النمو وأخيراً مرحلة النضج والحصاد. ويُلخص جدول (٦-١) عدد أيام كل مرحلة من مراحل نمو المحاصيل المختلفة بالإضافة إلى إجمالي عدد أيام موسم النمو. ومصدر هذه المعلومات هو كتاب الفاو رقم ٢٤ ورقم ٥٦، بالإضافة إلى المعلومات المحلية

. Local Observations

(FAO Irrigation And Drainage Paper No:24 & No:56)

معدل النمو الخضري للمحصول يتأثر بالظروف الجوية بصفة عامة وبمتوسط درجة الحرارة اليومية بصفة خاصة. ولهذا فإن المدة التي تنقضي بين زراعة المحصول ونهاية النمو الخضري تعتمد على المناخ وخط العرض بالإضافة إلى ميعاد الزراعة وصنف المحصول. وبصفة عامة فإنه بمجرد وصول المحصول إلى نهاية النمو الخضري أى بمجرد اكتمال الغطاء النباتي فإن النمو بعد ذلك من حيث التزهير وتكوين الثمار والنضج يعتمد على النوع الوراثي للنبات genotype بصفة أساسية ويكون أقل اعتماداً على الظروف الجوية.

ويعد اصفرار الأوراق Senescence Of Leaves أهم

علامات انتهاء مرحلة ثبات النمو وبداية مرحلة النضج والحصاد (المرحلة الرابعة) وعادة ما يبدأ الاصفرار بالأوراق السفلية. وتعد مرحلة النضج والحصاد أقصر المراحل إذ قد تكون عدد أيام تصل إلى أقل من ١٠ أيام في حالة المحاصيل التي تحصد طازجة مثل الخضراوات الورقية. وقد يسرع من عملية النضج (يقصر المرحلة الرابعة) ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الإجهاد الرطوبي Moisture Stress بل وقد يؤديان إلى تقصير مدة المرحلة الثالثة أيضاً. ومما سبق يتضح أن الفترات المختلفة لمراحل نمو المحصول ليست ثابتة فهي تتغير حسب الظروف الجوية وصنف المحصول.

جدول (٦-١) مراحل نمو المحاصيل بالأيام

Lengths of crop development stages (days) FAO.

Total	late	mid	dev	ini	Planting Date	Crop
إجمالي	للتضج	تمام	تطور	بداية للنمو	ميعاد الزراعة	المحصول
أيام النمو		النمو	النمو	النمو		
135	15	40	45	35	Sept / Jan	بروكلي Broccoli
140	15	40	50	35	Sept/ Oct	كرنب Cabbage
150	20	60	40	30	Oct	جزر Carrots
150	15	50	50	35	Sept	قرنبيط Cauliflower
105	10	25	40	30	Oct/Nov/Jan	خس Lettuce
150	40	70	25	15	December	بصل Onion (dry) جاف
70	5	10	30	25	October	بصل Onion (green) أخضر
210	45	110	35	20	October	بصل Onion (seed) بنر
100	10	40	30	20	Sept/ Oct	سبانخ Spinach
45	5	20	10	10	October	فجل Radish
160	30	50	50	30	Feb/ April	باننجان Egg plant
180	30	80	40	30	Mar/ April	Sweet peppers (bell) فلفل حلو

Total	late	mid	dev	ini	Planting Date	Crop
إجمالي	للتضج	تمام	تطور	بداية للنمو	ميعاد الزراعة	المحصول
أيام النمو		النمو	النمو	النمو		
155	30	50	40	35	Oct/April/Aug	طماطم، قوطنة، بنادورة Tomato
120	10	35	45	30	Sept/Jan	كنتالوب Cantaloupe
130	20	50	35	25	Oct/ Jan	خيار Cucumber
120	25	35	35	25	Apr/May/June	Squash, Zucchini قرع الكوسة
140	30	50	30	30	April	Sweet melons ثملم
140	30	50	35	25	April	Water melons بطيخ
120	30	35	30	25	Oct/ Jan	Potato بطاطس
150	40	60	30	20	April	Sweet potato بطاطا
205	40	70	60	35	November	Sugarbeet المسكر
75	10	25	25	15	Oct	Beans (green) فاصوليا خضراء
110	20	40	30	20	Oct	Beans (dry) جافة
180	30	45	45	60	November	Faba bean/ broad فول beans
110	20	30	30	20	June	Cowpeas لوبيا العلف

Total	late	mid	dev	ini	Planting Date	Crop
إجمالي	للتضج	تمام	تطور	بداية النمو	ميعاد الزراعة	المحصول
ليام للنمو		النمو	النمو			
						سكرية
130	30	40	35	20	May/June	Sorghum نرة رفيعة (عويجة)
150	30	60	30	30	June	Rice أرز
30	5	10	10	5	September	برسيم حجازي حشة كل Alfalfa, ٣٠ يوم شتاء winter cutting cycles
45	10	10	20	5	April	برسيم حجازي حشة كل Alfalfa, ٤٥ يوم صيفا summer cutting cycles
105	35	35	25	10	November	Berseem برسيم مصري
405	120	190	60	35		Sugarcane, virgin
280	50	135	70	25		Sugarcane, ratoon
390	60	120	90	120	Mar	Banana, 1st yr
365	5	180	60	120	Feb	Banana, 2nd yr
240	60	120	40	20	Feb	Grapes عنب

Total	late	mid	dev	ini	Planting Date	Crop
إجمالي	للتضج	تمام	تطور	بداية النمو	ميعاد الزراعة	المحصول
ليام للنمو		النمو	النمو			
140	25	35	45	35	May	Groundnut فول سوداني
150	40	60	30	20	October	Lentil عدس
120	20	35	30	35	October	Peas بصلة
120	20	50	30	20	May	Soybeans فول صويا
270	10	180	40	40	Sept	Artichoke خرشوف السننة الأولى
365	45	200	30	90	Jan	Asparagus أسبرجس
180	40	60	50	30	March	Cotton قطن
150	40	50	35	25	Nov	Flax كتان
125	25	45	35	20	April	Safflower قرطم
110	20	40	30	20	May	Sesame سمسم
130	25	45	35	25	May	Sunflower عباد الشمس
160	30	60	50	20	November	Barley/Oats/Wh:at قمح وشعير
150	30	50	40	30	May	Maize (grain) نرة شامية
110	20	30	30	30	May/June	Maize (sweet) نرة

Crop المحصول	Planting Date ميعاد الزراعة	ini بداية للنمو	dev تطور للنمو	mid تمام للنمو	late النفج إجمالي أيام للنمو	Total
Citrus (مواالج) برتقال ، يوسفى، ليمون)	March/Sept	60	90	120	95	365
Deciduous Orchard فاكهة متساقطة الأوراق	Feb	20	70	120	60	270
Olives زيتون	Feb	30	90	60	90	270

العوامل المؤثرة على معامل المحصول

تغير الغطاء النباتي يعني تغير معامل المحصول واتجاه تغير معامل المحصول يمكن تمثيله بمنحنى معامل المحصول Crop Coefficient Curve. ويمكن رسم منحنى معامل المحصول بمعلومية ثلاث قيم لمعامل المحصول خلال مراحل النمو الثلاثة الآتية :-

١. المرحلة الأولى وهي مرحلة بداية النمو K_{cini}
٢. المرحلة الثالثة وهي مرحلة ثبات النمو K_{cmid}
٣. نهاية المرحلة الرابعة أي عند الحصاد K_{cend}

ويوضح الجدول (٢-٦) القيم الشائعة الاستخدام لمعامل المحصول عند المراحل الثلاث السابقة لمختلف المحاصيل الزراعية ويتم تقسيم المحاصيل إلى مجموعات متشابهة الخواص مثل : (الخضروات الورقية والبقول والحبوب ... الخ). وذلك لتشابه محاصيل كل مجموعة من حيث ارتفاع المحصول والمساحة الورقية والغطاء النباتي بالإضافة إلى إدارة المياه وعلى ذلك يكون

معامل المحصول داخل كل مجموعة متقارب. ومعامل المحصول في جدول (٢-٦) يعكس تأثير كل من النتج والبخر مع الزمن، هذا التأثير يتمثل في متوسط الفترة بين ابتلال التربة لمحصول قياسي تحت ظروف نمو سائدة. فأتاء مرحلة بداية النمو وتطور النمو يتأثر معامل المحصول بالتغيرات في الفترة بين الريات ولهذا يجب تصحيح معامل المحصول في مرحلة بداية النمو K_{cini} فعند استخدام الري بالرش تكون الفترة بين الريات قصيرة ونتيجة لذلك يكون سطح التربة دائماً مبتل وبناءاً على ذلك تزيد قيمة معامل المحصول K_{cini} بدرجة كبيرة.

وقيم معامل المحصول (K_{cend} & K_{cmid}) في جدول (٢-٦) تمثلان القيم عند ظروف جوية سائدة من متوسط أقل رطوبة نسبية صغرى (RH_{min}) قدرها ٤٥ % وسرعة رياح هادئة إلى معتدلة عند متوسط ٢ متر /ثانية. ولهذا إذا تغيرت الظروف الجوية من رطوبة نسبية أو سرعة رياح عن القيم القياسية يجب تصحيح معامل المحصول (K_{cend} & K_{cmid}) ومعامل المحصول في جدول (٢-٦) لمحاصيل لا تتعرض لإجهاد رطوبي أي لا تعاني العطش ومنزوعة تحت ظروف نمو مثلى وتحقق أعلى إنتاج وهذه الظروف تسمى بالظروف القياسية Standard Conditions. حيث يتطلب ذلك تصحيح لمعامل المحصول الذي لا ينمو تحت هذه الظروف القياسية من كثافة نباتيه stand density وارتفاع للمحصول height ومساحة ورقية leaf area

و يلاحظ في جدول (٢-٦) لمحصول بنجر السكر أن معامل المحصول عند الحصاد وهو يساوي ٠,٧ في حالة عدم الري في الشهر الأخير قبل الحصاد أما في حالة الري فإن معامل المحصول يرتفع لتصل قيمته ١ صحيح. وفي حالة البرسيم الحجازي فإن معامل المحصول في مرحلة ثبات النمو (٠,٩٥) يمثل متوسط معامل المحصول قبل الحش وبعده. أما في حالة الفترة

للحشة الواحدة فإن هذه الفترة تبدأ مباشرة بعد الحش وتنتهي مباشرة قبل الحشة التالية ولذلك فإن نمو المحصول عبارة عن عدة دورات كل دورة تمثل فترة نمو حشة واحدة من المحصول.

يقل النتج للأناناس بسبب إغلاق النبات للثغرات خلال النهار وفتحها خلال الليل ولهذا فإن غالبية الاستهلاك المائي للأناناس عبارة عن البخر من سطح التربة. ولهذا فإن معامل المحصول في مرحلة ثبات النمو أقل من معامل المحصول لمرحلة بداية النمو لأن معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو يحدث عند الغطاء النباتي الكامل ولهذا يكون البخر من سطح التربة أقل ما يمكن. والقيم المعطاة في الجدول تقترض أن الري يتم بواسطة الري بالرش وأن ٥٠ % من سطح التربة تغطي ببلاستيك أسود black plastic mulch. أما عند استخدام الري بالتنقيط تحت سطح البلاستيك يتم تخفيض قيمة معاملات المحصول بمقدار ١٠%. يتضمن الاستهلاك المائي للشاي الاستهلاك المائي للأشجار المظللة shade trees

يمثل معامل المحصول عند نهاية المرحلة الرابعة Kcend في حالة الفاكهة متساقطة الأوراق القيمة قبل سقوط الأوراق حيث أن قيمة معامل المحصول بعد سقوط الأوراق Kcend يساوي ٠.٢ للأرض المكشوفة الجافة أو للغطاء النباتي الميت dead ground cover ويصل معامل المحصول Kcend إلى ٠.٥ - ٠.٨ للغطاء النباتي النشط النمو.

جدول (٦-٢). معامل المحصول Kc وأقصى ارتفاع للمحصول h وذلك لمحصول ينمو تحت ظروف بيئية جيدة ولا يتعرض لأجهاد رطوبي عند مناخ قياسي تحت رطب (سرعة رياح ٢ م/ث ورطوبة نسبية صغرى ٤٥%) وذلك لاستعماله مع معادلة الفاو بنمان مونتييس الخاصة بحساب جهد البخر نتج

FAO paper # 56. ETo

المحصول Crop	Kc ini	Kc mid	Kc end	h (m)
الخضروات والورقية a. Small Vegetables	0.7	1.05	0.95	
بروكلي Broccoli		1.05	0.95	0.3
كرونب Cabbage		1.05	0.95	0.4
جزر Carrots		1.05	0.95	0.3
قرنبيط Cauliflower		1.05	0.95	0.4
كرفس Celery		1.05	1.00	0.6
ثوم Garlic		1.00	0.70	0.3
خس Lettuce		1.00	0.95	0.3
بصل Onions				
جاف - dry		1.05	0.75	0.4
أخضر - green		1.00	1.00	0.3
بذر - seed		1.05	0.80	0.5
سبانخ Spinach		1.00	0.95	0.3
فجل Radish		0.90	0.85	0.3
b. Vegetables - Solanum Family (Solanaceae) خضروات العائلة البيلنجقية	0.6	1.15	0.80	
بلانجان Egg Plant		1.05	0.90	0.8
فلفل حلو Sweet Peppers (bell)		1.05 ²	0.90	0.7

المحصول Crop	K _{c end}	K _{c mid}	K _{c ini}	h
(m)	الحصاد	تمام النمو	بداية النمو	
Cowpeas لوبيا العلف	0.60	1.05		0.4
Groundnut (Peanut) الفول السوداني	0.60	1.15		0.4
Lentil الحمص	0.30	1.10		0.5
Peas البسلة				
- Fresh الخضراء	1.10	1.15	0.5	0.5
- Dry/Seed الجافة / تقوي	0.30	1.15		0.5
Soybeans فول الصويا	0.50	1.15		0.5-1.0
f. Perennial Vegetables محاصيل الخضار المعمرة	0.80	1.00	0.5	
Artichokes الخرشوف	0.95	1.00	0.5	0.7
Asparagus الأسبرجس	0.30	0.95	0.5	0.2-0.8
Mint النعناع	1.10	1.15	0.60	0.6-0.8
Strawberries (الشليك) الفراولة	0.75	0.85	0.40	0.2
g. Fibre Crops محاصيل الألياف			0.35	
Cotton القطن	0.70	1.15		1.2-1.5
Flax الكتان	0.25	1.10		1.2
h. Oil Crops المحاصيل الزيتية	0.35	1.15	0.35	
Canola الكانولا	0.35	1.0-1.15		0.6
Safflower القزطم	0.25	1.0-1.15		0.8
Sesame السمسم	0.25	1.10		1.0
Sunflower عباد الشمس	0.35	1.0-1.15		2.0

المحصول Crop	K _{c end}	K _{c mid}	K _{c ini}	h
(m)	الحصاد	تمام النمو	بداية النمو	
Tomato طماطم	0.90	1.15 ²		0.6
c. Vegetables - Cucumber Family (Cucurbitaceae) الخضروات القرعية	0.80	1.00	0.5	
Cantaloupe الكنتالوب	0.60	0.85	0.5	0.3
Cucumber الخيار	0.75	1.00	0.6	0.3
Pumpkin, Winter Squash القرع الحلي	0.80	1.00		0.4
Squash, Zucchini القرع الكومة	0.75	0.95		0.3
Sweet Melons الشمام	0.75	1.05		0.4
Watermelon البطيخ	0.75	1.00	0.4	0.4
d. Roots and Tubers المحاصيل الجذرية والدرنية	0.95	1.10	0.5	
Potato بطاطس	0.75 ⁴	1.15		0.6
Sweet Potato بطاطا	0.65	1.15		0.4
Sugar Beet بنجر السكر	0.70	1.20	0.35	0.5
e. Legumes (Leguminosae) العائلة البقولية	0.55	1.15	0.4	
Beans, green الفاصوليا الخضراء	0.90	1.05	0.5	0.4
Beans, dry and Pulses الفاصوليا الجافة	0.35	1.15	0.4	0.4
Chick pea اللوبيا بعين سودا	0.35	1.00		0.4
Fababean (broad bean) الفول الرومي				
- Fresh الأخضر	1.10	1.15	0.5	0.8
- Dry/Seed جاف/ بذور	0.30	1.15	0.5	0.8
Grabanzo الحمص	0.35	1.15	0.4	0.8

المحصول Crop	K _c end	K _c mid	K _c ini	h (m)
- warm season الموسم الصيفي	0.85	0.85	0.80	0.10
k. Sugar Cane قصب السكر	0.75	1.25	0.40	3
I. Tropical Fruits and Trees الفاكهة والأشجار المدارية				
Banana الموز				
- 1 st year السنة الأولى	1.00	1.10	0.50	3
- 2 nd year السنة الثانية	1.10	1.20	1.00	4
Cacao الكاكاو	1.05	1.05	1.00	3
Coffee القهوة				
- bare ground cover بدون حشائش	0.95	0.95	0.90	2-3
- with weeds وجود حشائش	1.10	1.10	1.05	2-3
Date Palms نخيل البلح	0.95	0.95	0.90	8
Palm Trees أشجار النخيل	1.00	1.00	0.95	8
Tea الشاي				
- non-shaded بدون مظلة	1.00	1.00	0.95	1.5
- shaded تحت مظلة	1.15	1.15	1.10	2
m. Grapes العنب				
- Table or Raisin عنب المائدة أو الزبيب	0.45	0.85	0.30	2
n. Fruit Trees أشجار الفاكهة				
Almonds, no ground cover لوز بدون حشائش	0.65	0.90	0.40	5
Apples, Cherries, Pears تفاح / كرز / كمثرى				
- no ground cover بدون حشائش	0.75	0.95	0.60	4

المحصول Crop	K _c end	K _c mid	K _c ini	h (m)
		1.15		
i. Cereals محاصيل الحبوب	0.4	1.15	0.3	
Wheat / Barley/ Oats القمح / الشعير / الشوفان	0.25	1.15		1
Maize الذرة الشامية	0.60-0.35	1.20		2
Maize, Sweet (sweet corn) الذرة السكرية	1.05	1.15		1.5
Sorghum (السورجم) الذرة الرفيعة				
- grain حبوب	0.55	1.00-1.10		1-2
- sweet علف	1.05	1.20		2-4
Rice الأرز	0.90-0.60	1.20	1.05	1
j. Forages محاصيل العلف				
Alfalfa Hay البرسيم الحجازي				
- averaged cutting effects متوسط تأثير الحش	0.90	0.95	0.40	0.7
- individual cutting periods الفترات خلال الحشة الواحدة	1.15	1.20	0.40	0.7
- for seed تقاوي	0.50	0.50	0.40	0.7
Clover hay, Berseem البرسيم المصري				
- averaged cutting effects متوسط تأثير الحش	0.85	0.90	0.40	0.6
- individual cutting periods الفترات خلال الحشة الواحدة	1.10	1.15	0.40	0.6
Turf grass (المسطحات الخضراء) تجيل الحدائق				
- cool season الموسم الشتوي	0.95	0.95	0.90	0.10

المحصول Crop	K _c ini	K _c mid	K _c end	h (m)
نمو حشائش نشط - active ground cover	0.80	1.20	0.85	4
مشمش /خوخ / Apricots, Peaches, Stone Fruit فاكهة ذات النواة الحجرية				
بدون نمو حشائش - no ground cover	0.55	0.90	0.65	3
نمو حشائش نشطة - active ground cover	0.80	1.15	0.85	3
أفوكادو بدون حشائش Avocado, no ground cover	0.60	0.85	0.75	3
موالح بدون حشائش Citrus, no ground cover				
٧٠% غطاء نباتي - 70% canopy	0.70	0.65	0.70	4
٥٠% غطاء نباتي - 50% canopy	0.65	0.60	0.65	3
٢٠% غطاء نباتي - 20% canopy	0.50	0.45	0.55	2
موالح تنمو بها حشائش نشطة Citrus, with active ground cover or weeds				
٧٠% غطاء نباتي - 70% canopy	0.75	0.70	0.75	4
٥٠% غطاء نباتي - 50% canopy	0.80	0.80	0.80	3
٢٠% غطاء نباتي - 20% canopy	0.85	0.85	0.85	2
كيوي Kiwi	0.40	1.05	1.05	3
زيتون من ٤٠% إلى ٦٠% غطاء نباتي (40 to 60% ground coverage by canopy)	0.65	0.70	0.70	3-5

تصحيح معامل المحصول حسب نسبة الغطاء النباتي

أولاً : تصحيح معامل المحصول طبقاً لنسبة المساحة المظللة في حالة عدم وجود حشائش.

في هذه الحالة يفترض أن معامل المحصول للأرض المكشوفة K_{cmin} = 0.15 وبمعلومية معامل المحصول للأشجار الكاملة النمو والتي تشغل المساحة الكاملة التظليل لها فإنه يمكن إيجاد معامل المحصول المصحح. مثال : موالح معامل المحصول للأشجار التامة النضج والتي تغطي الأرض تغطية كاملة للمراحل الثلاث كما يلي في جدول (٦-٢) هي

مرحلة بداية النمو K_{cfull} = 0.75

لمرحلة ثبات النمو K_{cfull} = 0.70

لنهاية مرحلة الحصاد K_{cfull} = 0.75

و المطلوب إيجاد معامل المحصول للمراحل الثلاث عند نسبة تغطية ٢٠ %، ٥٠ %، ٧٠ % نلاحظ هنا أن معامل المحصول عند مرحلة ثبات النمو هو أقل معامل محصول ويرجع ذلك إلى تأثير إغلاق الثغرات stomatal closure خلال مرحلة ثبات النمو وهي مرحلة أقصى استهلاك مائي وبالتعويض في معادلة تصحيح معامل المحصول

$$k_c = k_{cmin} + (k_{cfull} - k_{cmin})(GC)^{1/(1+h)}$$

معني جدول ٢ نجد أن عند مساحة مظللة مقدارها ٧٠% أقصى ارتفاع للشجرة ٤ متر وبالتعويض عن هذه القيمة في المعادلة السابقة لمرحلة بداية النمو:

$$k_c = 0.15 + (0.75 - 0.15)(0.7)^{1/(1+4)}$$

$$= 0.15 + (0.6)(0.931) = 0.7$$

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو عند مساحة مظللة ٧٠%

$$k_c = .15 + (.7 - .15)(.7)^{1/(1+4)} = .15 + (.55)(.931) = 0.66$$

معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد عند مساحة مظلة ٧٠%

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.7)^{1/1+4} = .15 + (.6)(.931) = 0.7$$

و عند مساحة مظلة ٥٠% يكون ارتفاع الشجرة ٣ متر ويكون معامل المحصول لمرحلة بداية النمو

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.6)(.841) = 0.65$$

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

$$k_c = .15 + (.7 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.55)(.841) = 0.61$$

معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.5)^{1/1+3} = .15 + (.6)(.841) = 0.65$$

وعند مساحة مظلة ٢٠% يكون ارتفاع الشجرة ٢ متر ويكون معامل المحصول لمرحلة بداية النمو

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.6)(.585) = 0.5$$

و معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

$$k_c = .15 + (.7 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.55)(.585) = 0.47$$

ومعامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

$$k_c = .15 + (.75 - .15)(.2)^{1/1+2} = .15 + (.6)(.585) = 0.5$$

و يمكن مقارنة هذه الأرقام المتحصل عليها بالأرقام المعطاة في جدول (٢-٦) للموالم بدون حشائش.

ثانياً : تصحيح معامل المحصول في حالة نمو الحشائش :

في حالة نمو الحشائش بين الأشجار فإنه يفترض أن معامل المحصول

للحشائش $k_{c \text{ cover}} = 0.95$ لذلك يصحح معامل المحصول في حالة نمو

الحشائش كما يلي $K_c = GC \cdot k_{c \text{ ngc}} + (1 - GC)k_{c \text{ cover}}$

حيث GC نسبة المساحة المظلة

$k_{c \text{ ngc}}$ معامل المحصول في حالة عدم وجود حشائش

$k_{c \text{ cover}}$ معامل المحصول للحشائش ويساوي 0.95

ويمكن توضيح طريقة استخدام المعادلة بأخذ مثال الموالم في جدول (٢-٦) لإيجاد معاملات المحصول في حالة نمو الحشائش باستخدام معاملات المحصول في حالة عدم وجود حشائش كما يلي أولاً في حالة نسبة المساحة المظلة ٧٠% لمرحلة بداية النمو

$$k_c = (.7)(.7) + (1-.7)(.95) = .49 + .285 = 0.77$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخرى وذلك بالتعويض عن كل من

$$k_{c \text{ cover}} \text{ بـ } 0.95$$

$$k_c = k_{c \text{ min}} + (k_{c \text{ full}} - k_{c \text{ min}})(GC)^{1/1+h} = .95 + (.75 - .95)(.7)^{1/1+4} = .95 + (-0.20)(0.931) = 0.76$$

أما معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو فيكون

$$k_c = .7(.65) + (1-.7)(.95) = .455 + .285 = 0.74$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخرى كما يلي

$$k_c = .95 + (.7 - .95)(.7)^{1/1+4} = .95 + (-.25)(.931) = 0.71$$

أما معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد فيكون

$$k_c = .7(.7) + (1-.7)(.95) = .49 + .285 = 0.77$$

ويمكن الحصول على نفس النتيجة بطريقة أخرى كما يلي

$$k_c = .95 + (.75 - .95)(.7)^{1/1+4} = .95 + (-.2)(.931) = 0.76$$

معامل المحصول للزيتون:

يمكن الحصول على معامل المحصول للزيتون عند النضج بنسبة تغطية نباتية قدرها ٦٠% طبقاً لطريقة الفاو وذلك بأخذ القيم التالية لثلاثة مراحل كالآتي

$$k_{c \text{ ini}} = 0.65$$

$$k_{c \text{ mid}} = 0.45$$

$$K_{cend} = 0.65$$

على أن تكون مدة مراحل النمو ٢٧٠ يوم ابتداء من شهر مارس إلى نوفمبر موزعة كما يلي

مرحلة بداية النمو = ٣٠ يوم

مرحلة تطور النمو = ٩٠ يوم

مرحلة ثبات النمو = ٦٠ يوم

مرحلة النضج = ٩٠ يوم

على أن يتم أخذ معامل المحصول خارج فترة النمو off season خلال ديسمبر ويناير وفبراير وهي ٩٠ يوم المتبقية من السنة يساوي ٠,٥ وبذلك يكون معامل المحصول للزيتون خلال السنة كما يلي :

المرحلة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
معامل المحصول	0.5	0.5	0.5	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45	0.45	0.45	0.55	0.6

و هذا يتفق مع ما توصل إليه (Pastor and Orgaz 1994) في إسبانيا ويتفق مع الخبرة الحقلية في مصر.

إيجاد معامل المحصول خلال مراحل نمو المحصول Crop growth stages

عندما ينمو المحصول فإن الغطاء النباتي وارتفاع المحصول والمساحة الورقية تتزايد ونتيجة الاختلافات في البخرنتج للمحصول خلال مراحل النمو المختلفة فإن معامل المحصول سوف يتغير خلال موسم النمو. فموسم نمو المحصول يمكن تقسيمه إلى أربعة مراحل مختلفة للنمو هي مرحلة بداية

النمو، مرحلة تطور النمو، مرحلة ثبات النمو، وأخيراً مرحلة تمام النضج والحصاد.

١- مرحلة بداية النمو Initial stage

تبدأ مرحلة بداية النمو من تاريخ الزراعة حتى وصول الغطاء النباتي (نسبة المساحة الخضراء) ground cover إلى ١٠ % وتعتمد مدة هذه المرحلة على المحصول والصنف crop variety وميعاد الزراعة بالإضافة إلى الظروف الجوية السائدة. وتحدد نهاية هذه المرحلة بوصول مساحة النباتات الخضراء إلى نسبة ١٠ % من مساحة سطح الأرض. أما بالنسبة للمحاصيل المستديمة فإن ميعاد ظهور الأوراق الجديدة يحل محل ميعاد الزراعة في خلال مرحلة بداية النمو تكون المساحة الورقية صغيرة ونتيجة لذلك فإن الاستهلاك المائي يكون بدرجة كبيرة عبارة عن البخر من سطح التربة. ولذلك فإن معامل المحصول خلال هذه المرحلة يكون كبيراً عندما يكون سطح التربة مبتلاً من الري أو الأمطار ويكون صغيراً عندما يكون سطح التربة جافاً. فالزمن الذي تجف فيه التربة يحدد بالفترة بين الريات وقيمة جهد البخرنتج ET_0 .

حساب معامل المحصول (K_{cini}) خلال مرحلة بداية النمو

معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو في جدول (٦-٢) هو قيمة تقريبية يمكن استخدامها في حالة عدم توافر البيانات الدقيقة. ولحساب معامل المحصول خلال هذه المرحلة بطريقة دقيقة يجب أخذ العوامل الآتية في الاعتبار.

أ- الفترة بين الريات :-

حيث أن استهلاك المحصول من الماء يعتمد أساساً في هذه المرحلة على كمية البخر من سطح التربة لهذا فإن الحساب الدقيق لمعامل المحصول يجب أن يأخذ في الاعتبار الفترة بين الريات أي عدد مرات ابتلال التربة خلال

مرحلة بداية النمو. ففي حالة قصر الفترة بين الريات أي أن عدد مرات ابتلال التربة يكون كبيراً فإن معامل المحصول يكون كبيراً والعكس بالعكس.

ب. جهد البخرنتج ET_0 :-

يتأثر معامل المحصول بمعدل البخر الناتج عن تأثير العوامل الجوية أو بمعنى آخر بجهد البخرنتج حيث أنه بزيادة جهد البخرنتج تزيد سرعة وصول سطح التربة إلى حالة الجفاف وذلك خلال الفترة بين الريات.

ج. عمق ماء الري :-

تعتمد كمية المياه المعرضة للبخر من الطبقة السطحية للتربة على عمق ماء الري أو المطر، وبالتالي يتأثر الزمن اللازم لجفاف سطح التربة، ولهذا يكون معامل المحصول في مرحلة بداية النمو (K_{cini}) أقل في حالة عمق ماء الري القليل عنه في حالة عمق ماء الري الكبير حيث كمية مياه الري المعرضة للبخر تكون كبيرة. ويتم حساب معامل المحصول لمرحلة بداية النمو (K_{cini}) بالاستعانة بالشكل (٦-٦).

(١٣) وشكل (٦-٣) وذلك بدلالة جهد البخرنتج ET_0 والفترة بين الريات سواء كانت يوم، يومان، أربعة أيام، أسبوع، عشرة أيام، أو عشرين يوماً. وفي حالة عمق ماء الري الخفيف أي حوالي ١٠ مم في الري الواحدة (سقوط مطر بعمق حوالي ١٠ مم) small infiltration depths ~10mm يستخدم الشكل (٦-١٣) لكل أنواع التربة، أما إذا كان عمق ماء الري أكبر من ٤٠ مم Large infiltration depths >40 mm فإنه يستخدم شكل ٣ب وذلك حسب نوع التربة، فإذا كانت التربة خفيفة القوام coarse textures يستخدم الشكل (٦-٣ب)، أما إذا كانت التربة متوسطة إلى ثقيلة القوام Fine and medium textures فيستخدم الشكل ٣ب، أما إذا كان عمق ماء الري الصافي يقع بين ١٠ إلى

٤٠ مم Infiltration depths between 10 and 40 mm ، فإن قيمة معامل المحصول في هذه الحالة تحسب بطريقة الاستكمال كالآتي :-

$$K_{cini} = K_{cini(Fig.3a)} + \frac{I-10}{40-10} [K_{cini(Fig.3b)} - K_{cini(Fig.3a)}]$$

حيث :

K_{cini} (Fig.3a): معامل المحصول المتحصل عليه من شكل (٦-١٣)

K_{cini} (Fig.3b): معامل المحصول المتحصل عليه من شكل (٦-٣ب)

١ : متوسط عمق ماء الري الصافي (متوسط عمق الماء المتسرب في التربة)، أما رقم ١٠، ٤٠ في المعادلة السابقة فيمثل متوسط عمق ماء الري (عمق الماء المتسرب في التربة) بالمم والذي تم على أسفله عمل شكل (٦-١٣) وشكل (٦-٣ب) مثال :- تربة متوسطة القوام تروى كل يومين باستخدام ري بالرش المحوري بعمق ماء الري ١٢ مم وكان متوسط جهد البخرنتج ٤ مم/يوم. لوجد معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو.

الحل :- حيث أن عمق ماء الري المضاف يقترب من ١٠ مم نستخدم شكل (٦-١٣) عند فترة بين الريات = ٢ يوم وجهد بخر نتج ٤ مم فنحصل على معامل المحصول. $K_{cini} = 0.85$

وحيث أن الري بالرش يبذل كل سطح التربة أي ابتلال ١٠٠ % من سطح التربة فإن الاستهلاك المائي يحسب كالآتي :-

$$Etc = Kc. ET_0 = 0.85 (4.0) = 3.4 \text{ mm / day}$$

مثال :- تربة خفيفة القوام كما هو الحال في منطقة البستان تروى باستخدام الري بالرش النقال كل أربعة أيام وكان عمق ماء الري المضاف ٢٨ مم

ومتوسط جهد البخرنتح ٥ مم/يوم. أحسب معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو.

الحل : حيث أن عمق ماء الري المضاف يقع بين ١٠ - ٤٠ مم وهو ٢٨ مم فيجب استخدام المعادلة السابقة وذلك بالكشف في الشكل (٦-١٣) لعمق ماء الري ١٠ مم والشكل (٦-٣ب) للعمق ٤٠ مم وذلك للتربة الخفيفة القوام.

$$k_{cini} \text{ (fig.3a)} = 0.5$$

$$k_{cini} \text{ (fig.3b)} = 0.65$$

ولذلك بالتعويض في المعادلة السابقة بالقيم السابقة عند $I = 28 \text{ mm}$ فإن:

$$k_{cini} = 0.5 + \frac{28-10}{40-10} [0.65-0.5] = 0.59$$

$$ET_c = k_c \cdot ET_o = 0.59 \times 5 = 3 \text{ mm/day}$$

تصحيح معامل المحصول طبقاً لنسبة الابتلال لنظام الري :-

حيث أن نظم الري تختلف في نسبة ابتلالها لسطح التربة فإن معامل المحصول يجب تصحيحه طبقاً لنسبة ابتلال سطح التربة حيث أن ابتلال سطح التربة في مرحلة بداية النمو هو الذي يحدد كمية الفاقد بالبخر من سطح التربة وبالتالي معامل المحصول خلال مرحلة بداية النمو. فنسبة ابتلال سطح التربة P_w تساوي ٠,٤ في حالة الري بالتنقيط ويمكن الحصول على نسبة الأبتلال

من الجدول التالي

نوع نظام الري	نسبة ابتلال التربة P_w
ري بالتنقيط	٠,٣-٠,٤
ري بالرش	١,٠
مطر	١,٠
ري سطحي (أحواض أو شرائح)	١,٠
ري سطحي بالخطوط الضيقة	٠,٦-١
ري سطحي بالخطوط المتسعة	٠,٤-٠,٦

ولذلك فإذا كانت نسبة الابتلال P_w أقل من الواحد الصحيح فإنه في هذه الحالة يجب ضرب نسبة الابتلال في معامل المحصول k_{cini} المتحصل عليه سواء من جدول (٦-٢) أو الشكل (٦-١٣) أو الشكل (٦-٣ب) كما يلي :-

$$k_{cini} = P_w \cdot k_{cini} \text{ (Tab.Fig)}$$

حيث P_w :- نسبة ابتلال سطح التربة. و k_{cini} (Tab.Fig) قيمة معامل المحصول لمرحلة بداية النمو المتحصل عليه من الجدول أو الشكل. وفي حالة ما إذا كانت نسبة الابتلال تقل عن الواحد فإن عمق ماء الري يجب أن يصحح ليكون عمق ماء الري المضاف للمساحة المبثلة I_w وليس عمق ماء الري للمساحة الكلية I وذلك عند استخدام شكل (٦-١٣) أو شكل (٦-٣ب) ما يلي.

$$I_w = \frac{I}{P_w}$$

حيث I_w = عمق ماء الري للجزء المبثل من سطح التربة بالمم.

P_w = نسبة ابتلال سطح التربة بواسطة نظام الري.

= عمق ماء الري للحقل كله بالمم.

مثال :- يُزرع عنب في منطقة جنوب التحرير على مسافات ٢ × ٣ متر ويخدم الشجرة الواحدة عدد ٢ نقاط. تصرف النقاط الواحد ٤ لتر/س وكان جهد البخرنتج خلال شهر مارس ٤ مم/يوم وكان زمن الري اليومي ٢ ساعة ومساحة الابتلال للنقاط الواحد ١,٢ متر مربع والتربة قوامها خفيف.

الحل :

$$\text{نسبة الابتلال} = \frac{\text{مساحة الابتلال للمقط الواحد} \times \text{عدد النقاطات}}{\text{مساحة الشجرة}}$$

$$0.4 = \frac{2 \times 1.2}{3 \times 2}$$

$$\text{عمق ماء الري المضاف للحقل كله} = \frac{\text{تصرف للنقاط} \times \text{عدد النقاطات للشجرة} \times \text{زمن الري}}{\text{مساحة الشجرة}}$$

$$I = \frac{4 \times 2 \times 2}{2 \times 3} = 2.66 \text{ mm/day}$$

عمق ماء الري المضاف للمساحة المبثلة I_w

$$I_w = \frac{I}{P_w} = \frac{2.66}{0.4} = 6.65 \text{ mm/day}$$

حيث أن عمق ماء الري المضاف أقل من ١٠ مم لذلك نستخدم شكل (٦-١٣) فعند جهد بخر نتج ٤ مم/يوم وفترة بين الريات تساوي واحد يوم نجد أن

$$K_{cini \text{ Fig3a}} = 1.1$$

ثم نقوم بتصحيح معامل المحصول حسب نسبة الابتلال كالآتي :-

$$K_{cini} = P_w K_{cini \text{ fig}} = 0.4(1.1) = 0.44$$

أما قيمة معامل المحصول لمرحلة بداية النمو (بداية موسم النمو أو بداية ظهور الأوراق) وهي ٠,٤٤ تمثل القيمة لمساحة الحقل كله وليس للمساحة المبثلة فقط ولذلك يحسب الاستهلاك المائي كالآتي :

$$ET_c = K_{cini} ET_o = 0.44 (4) = 1.76 \text{ mm/day}$$

ويمكن تحويل عمق ماء الري إلى كمية مياه الري للفدان كالآتي :

$$ET_c = 1.76 \times 4.2 = 7.4 \text{ m}^3 / \text{fd.day}$$

أي ٧,٤ متر مكعب للفدان في اليوم

ويمكن إيجاد استهلاك الشجرة الواحدة من المياه في اليوم وذلك بضرب المساحة المخصصة للشجرة في الاستهلاك المائي بالمم /يوم كما يلي :

$$ET_{tree} = ET_c \times 3m \times 2m$$

$$= 1.76 \times 3 \times 2 = 10.6 \text{ liter/day}$$

ونلاحظ هنا أن كفاءة إضافة المياه تساوي ٦٦ % تحسب كالآتي :

$$E_a = ET_c / d_g = 1.76 / 2.66 = 0.66$$

ويمكن رفع الكفاءة إلى ٨٥ % بتخفيض زمن الري اليومي إلى ساعة ونصف بدلا من ساعتين إلا إذا كان من المطلوب إضافة نسبة ٢٠ % احتياجات غسيلية ففي هذه الحالة تصبح كفاءة الري حوالي ٨٠ %.

معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو

crop coefficient for the mid-season stage (K_{cmid})

يعطي جدول ٢ معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو (K_{cmid}) لمختلف المحاصيل الزراعية تحت ظروف جوية تحت رطوبة subhumid عند متوسط رطوبة نسبية صغرى ٤٥ % ($RH_{min} = 45\%$) وسرعة رياح هادئة إلى معتدلة تساوي ٢م/ث. حيث أن تأثير الفرق في خواص حركة الهواء بين سطح الغطاء النباتي القياسي grass reference surface وبين المحاصيل الزراعية ليس من خواص المحصول فقط ولكن يتغير أيضا بتغير الظروف الجوية وارتفاع المحصول. وعلى ذلك إذا تغيرت الظروف الجوية من رطوبة نسبية صغرى وسرعة رياح عن القيم القياسية المذكورة يجب تصحيح معامل المحصول حسب المعادلة الآتية :

$$K_{cmid} = K_{cmid (Tab)} + [0.04 (U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)](h/3)^{0.3}$$

حيث :

$K_{cmid (Tab)}$ قيمة معامل المحصول لمرحلة ثبات النمو المتحصل عليها من

جدول (٢-٦)

U_2 متوسط سرعة الرياح اليومية عند ارتفاع ٢ متر فوق سطح

الأرض (م / ث)

RH_{min} الرطوبة النسبية الصغرى اليومية المتوسطة خلال مرحلة

ثبات النمو كنسبة مئوية.

h متوسط ارتفاع النبات خلال مرحلة ثبات النمو بالمتر.

وفى حالة عدم توافر بيانات عن الرطوبة النسبية الصغرى يمكن حسابها من المعادلة الآتية وذلك إذا توافرت بيانات عن متوسط درجة الحرارة القصوى اليومية وكذلك درجة حرارة نقطة الندى T_{dew} وذلك خلال فترة مرحلة ثبات النمو وإذا لم تتوافر بيانات عن درجة حرارة نقطة الندى يمكن أخذ متوسط

درجة الحرارة الصغرى اليومية بدلا منها T_{min} كالآتي :

$$RH_{min} = \frac{e^o(T_{dew})}{e^o(T_{max})} \times 100 \quad \text{or} \quad RH_{min} = \frac{e^o(T_{min})}{e^o(T_{max})} \times 100$$

حيث RH_{min} = متوسط الرطوبة النسبية الصغرى خلال مرحلة ثبات النمو

T_{dew} = درجة حرارة نقطة الندى خلال مرحلة ثبات النمو

T_{min} = متوسط درجة الحرارة الصغرى اليومية خلال مرحلة ثبات النمو

T_{max} = متوسط درجة الحرارة القصوى اليومية خلال مرحلة ثبات النمو

(k_{cend}) = معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

Crop coefficient for the end of the late season stage

هذا ويعطى جدول (٢-٦) معامل المحصول لنهاية مرحلة النضج والحصاد

K_{cend} لمختلف المحاصيل الزراعية تحت الظروف الجوية القياسية وهى كما

سبق ذكره عند رطوبة نسبية صغرى ٤٥ % وسرعة رياح متوسطة ٢ م/ث. أما إذا اختلفت الظروف الجوية خلال مرحلة النضج والحصاد عن تلك فيجب تصحيح معامل المحصول كما تم ذكره في حالة مرحلة ثبات النمو.

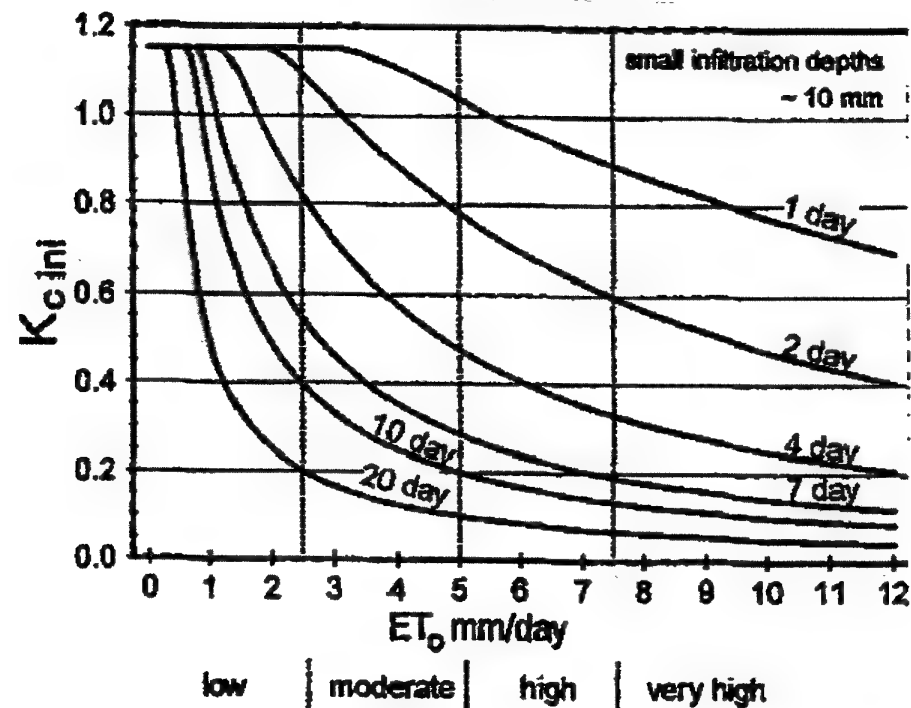
وتتلخص طريقة توقيع منحني معامل المحصول بطريقة الفاو (منظمة الأغذية والزراعة) فى الآتى:-

١ - عن طريقة جدول (١-٦) نحدد طول موسم النمو وعدد الأيلم لكل مرحلة من مراحل النمو الأربعة حسب وموعد الزراعة.

٢ - عن طريق شكل (١٣-٦) أو (١٣-٦ب) نحدد قيمة معامل المحصول فى المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتج المطلق أثناء هذه المرحلة وكذلك الفترة بين الريات (K_{ci}) وهذا المعامل يعتمد على البخر من سطح التربة فقط وليس استهلاك المحصول.

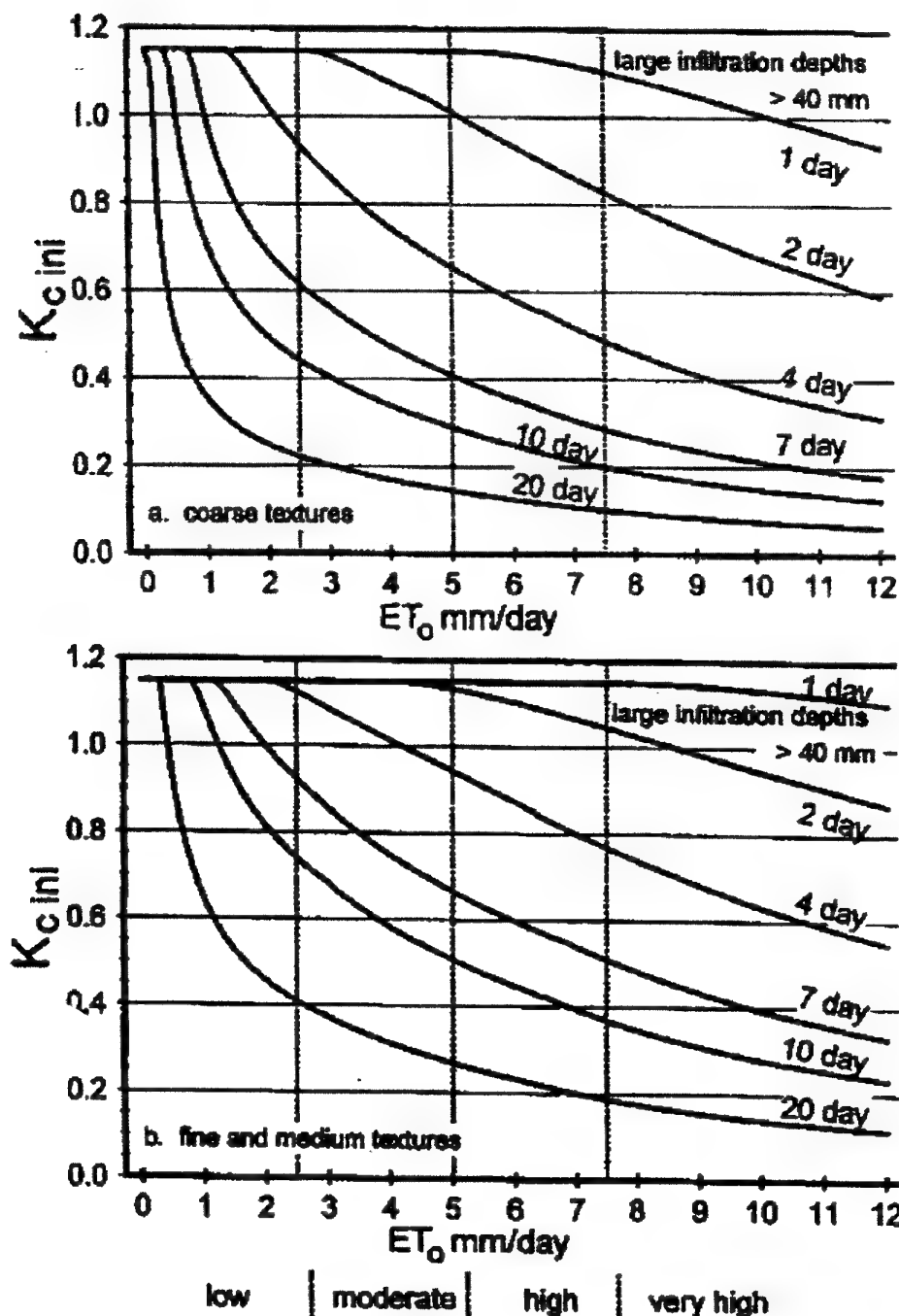
٣ - عن طريق جدول (٢-٦) نحدد معامل المحصول للمرحلة الثالثة والرابعة.

٤ - معامل المحصول فى المرحلة الثانية نحصل عليه بطريقة الاستكمال interpolation .



شكل (٦-٣) : تحديد معامل المحصول K_c في المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتج المطلق E_{to} والفترة بين الريات في تربة ذات معدل تسرب منخفض. (المصدر : FAO Paper No. 56).

مثال : أحسب معامل المحصول K_c لمحصول الذرة لمنطقة القاهرة إذا علمت أن تاريخ الزراعة ١٥ مايو.
الحل : من جدول رقم ٨ تحدد طول موسم النمو وعدد الأيام لكل مرحلة نمو فيكون كما يلي:



شكل (٦-٣) : تحديد معامل المحصول K_c في المرحلة الابتدائية بمعرفة البخرنتج المطلق E_{to} والفترة بين الريات في تربة ذات معدل تسرب عالي.

kc mid = 1.15

RH_{min} is low

kc late = 0.6

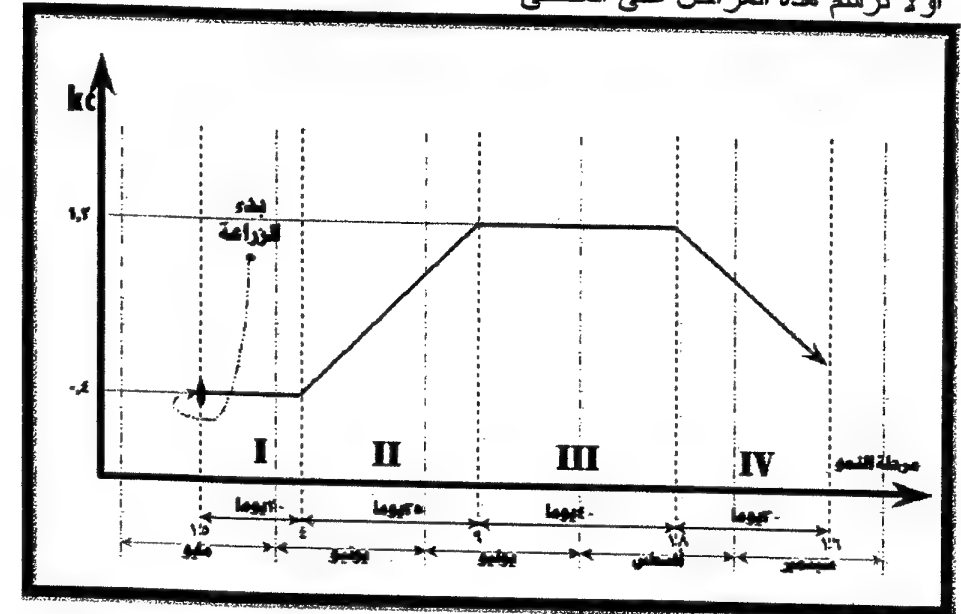
Wind is light to moderate

Month	ET _o (mm / d)
May	8.4
June	9.6
July	8.3
August	7.4
September	6.0

Crop growth period	Number of days	Dates
Initial	20	15 May - 3 June
crop development	35	4 June - 8 July
Mid - season	40	9 July - 17 August
Late season	30	18 August - 16 September

Crop	Maize
ET _{initial stage}	8.4 mm/d
Climate	Dry
Wind	Light to moderate
Initial period	20days
Crop development period	35 days
Mid - season period	40 days
Late season period	30 days

أولا نرسم هذه المراحل على المنحنى



من الشكل (٣-٦) معامل المحصول في المرحلة الابتدائية بمعلومية أن الفترة بين الريات ٧ أيام ومعدل البخرنتج ٨,٤ مم / يوم. باستخدام جدول (٢-٦) وذلك عند رطوبة نسبية صغيرة منخفضة وسرعة رياح خفيفة إلى متوسطة

تصحيح معامل المحصول فى حالة تغطية سطح الأرض بالبلاستيك

Plastic mulches

قد يغطى سطح الأرض بالبلاستيك plastic sheets فى حالة زراعة

الخضراوات للأسباب الآتية:

١- تقليل الفاقد بالبخار evaporation losses.

٢- زيادة معدل نمو المحصول والإنتاجية فى الأجواء الباردة بزيادة

درجة حرارة التربة.

٣- المساعدة فى القضاء على الحشائش weed control.

والغطاء البلاستيك بصفة عامة عبارة عن غطاء رقيق السمك من

البولى إيثيلين يوضع فوق سطح الأرض بطول صف النباتات. ويتم عمل ثقب

فى فيلم البلاستيك عند كل نبات على مسافات تساوى المسافة بين النباتات

وذلك للسماح بخروج المجموع الخضرى منه. وقد يكون الغطاء البلاستيك

ذات لون أسود أو شفاف. فاللون يؤثر أساسا على معامل انعكاس الأشعة

albedo خلال المراحل الأولى لنمو المحصول. ولكن بالنسبة لتأثير التغطية

بالبلاستيك على معامل المحصول لا يتم التفرقة بين اللون الشفاف أو اللون

الأسود. فالتغطية بالبلاستيك تقلل البخر من سطح التربة بالأخص تحت نظام

الرى بالتنقيط وتريد من نتج المجموع الخضرى

$$K_{c \text{ May}} = 0.35$$

$$K_{c \text{ 30 June}} = 0.35 + \frac{27}{35} (1.15 - 0.35) = 0.97$$

$$K_{c \text{ June}} = \frac{3}{30} (0.35) + \frac{27}{30} \left(\frac{0.97 + 0.35}{2} \right) = 0.63$$

$$K_{c \text{ July}} = \frac{8}{31} \left(\frac{0.97 + 1.15}{2} \right) + \frac{23}{31} (1.15) = 1.13$$

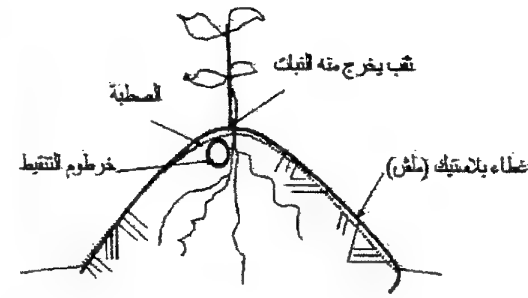
$$D_{c \text{ 31 Aug}} = 1.15 - \frac{14}{30} (1.15 - 0.6) = 0.89$$

$$K_{c \text{ August}} = 1.15 \frac{17}{31} + \frac{14}{31} \left(\frac{1.15 + 0.89}{2} \right) = 1.9$$

$$K_{c \text{ Sept}} = \frac{0.89 + 0.6}{2} = 0.75$$

ثم نقوم بحساب الاستهلاك المائى لأشهر النمو بدلالة معامل المحصول كما يلى:

Month	E_t (mm / d)	k_c	E_c (mm / d)	No of Crop days	E_c mm
May	8.4	0.35	2.9	17	49
June	9.6	0.63	6.0	30	180
July	8.3	1.13	9.4	31	291
August	7.4	1.09	8.1	31	251
Sept.	6.0	0.75	4.5	16	72
Total				125	843



بسبب زيادة انتقال الحرارة سواء المحسوسة أو المشعة من سطح الغطاء البلاستيكي إلى المجموع الخضري المجاور. وعلى الرغم من أن النتج يزيد عند استخدام الغطاء البلاستيكي بنسبة ١٠ إلى ٣٠% خلال الموسم بالمقارنة بقيمته عند عدم استخدام الغطاء البلاستيكي فإن قيمة معامل المحصول K_c تقل بنسبة من ١٠ إلى ٣٠% نتيجة تقليل البخر من سطح التربة بنسبة ٥٠ إلى ٨٠%

ويمكن تلخيص تأثير استخدام تغطية سطح الأرض بالبلاستيك على

معامل المحصول كما يلي:

١- تبلغ قيمة معامل المحصول في المرحلة الابتدائية ٠,١ ($K_{cini} = 0.1$)

٢- تخفيض قيمة معامل المحصول في مرحلة تمام النمو ومرحلة

الحصاد بنسبة تتراوح بين ١٠ إلى ٣٠% K_{cend} and K_{cmid}

على الرغم من أن تأثير الغطاء البلاستيكي على معامل المحصول لا

يتأثر بلون الغطاء إلا أن الغطاء الأسود يمتاز عن الغطاء الشفاف في أنه يمنع

نفاذ الضوء وبالتالي يمنع نمو الحشائش.

٧

الاحتياجات المائية للمحاصيل

Crop Water Requirements

مما سبق يتضح أن الاستهلاك المائي هو عبارة عن مجمل البخرنتح وهو يعتمد على عوامل خاصة بالمناخ (درجة الحرارة والرطوبة والرياح والإشعاع الشمسي) وعوامل خاصة بالمحصول مثل نوعه ومرحلة نموه. تنقسم طرق تقدير الاستهلاك المائي إلى طرق حسابية تعتمد على بيانات الأرصاد الجوية واستخدام المعادلات وقد تم تناولها في الفصل الخامس وطرق القياس المباشر للاستهلاك المائي مثل الاتزان المائي واستعمال الليسيمترات.

أولاً : الطرق الحسابية باستخدام بيانات الأرصاد الجوية

تعتمد الطرق الحسابية على استخدام بيانات الأرصاد الجوية في حساب تأثير العوامل المناخية على الاستهلاك المائي ثم معامل المحصول الذي يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه وذلك بتطبيق المعادلة الآتية:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

حيث ET_c الاستهلاك المائي للمحصول (مجل البخر نتح للمحصول)

K_c معامل المحصول يعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه
 ET_0 جهد البخر نتح Reference evapotranspiration أو
 البخر نتح المطلق

ويعرف جهد البخر نتح بأنه معدل البخر نتح من سطح نباتي أخضر متجانس عند ارتفاع ٨ إلى ١٥ سم في حالة نمو نشط ويغطي سطح التربة تماماً تحت ظروف لا ينقصها الماء. ويستخدم لحساب جهد البخر نتح معادلات وطرق عديدة تستخدم بيانات الأرصاد الجوية المختلفة وقد تم تناول هذه الطرق بالتفصيل في الفصل السابق.

ثانياً : طرق القياس المباشر :

١ - طريقة الرطوبة المستنفذة Soil Water Depletion

يمكن قياس الاستهلاك المائي للمحصول تحت الظروف الحقلية عن طريق قياس التغير في رطوبة التربة وذلك عبر أوقات مختلفة على مدى موسم النمو قبل وبعد عملية الري. وهذه الطريقة استخدمت عبر قرن من الزمان في الولايات المتحدة وذلك بأخذ عينات من طبقات التربة في منطقة انتشار الجذور وتقدير رطوبتها بالطرق الوزنية يستخدم الآن طرق مباشرة لقياس رطوبة التربة مثل طريقة النيوترون (Neutron Soil Water probe) ومن عيوب هذه الطريقة أنها لا تأخذ في حسابها كمية المياه المفقودة من الطبقة المطلوب تقدير رطوبتها سواء بتسرب الرطوبة إلى أسفل أو بتحريكها إلى أعلى ويتم أخذ عينات التربة بعد الري بيوم أو يومين تقريباً وقبل الري مباشرة. وبذلك يكون الاستهلاك المائي المتوسط ET_c بالمم / يوم في خلال الفترة بين أخذ عينتين Δt يوم يمكن حساب كالاتي:-

$$ET_c = \frac{Wet}{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n (\theta_1 - \theta_2) \Delta S_i + P_e - W_d}{\Delta t}$$

حيث n_r عدد طبقات التربة حتى الوصول إلى العمق الفعال للجذور
 ΔS_i سمك الطبقة رقم i (مم)
 θ_1, θ_2 المحتوى الرطوبي على أساس حجمي للطبقة عند بداية ونهاية فترة أخذ العينات (م^٣/م^٣)
 P_e عمق المطر الفعال الذي يصل للتربة (مم)
 W_d عمق الماء المنصرف من العمق الفعال لمنطقة الجذور (مم)
 Δt الفترة بين أخذ العينات باليوم.
 Wet الاستهلاك المائي خلال الفترة Δt

وتصلح هذه الطريقة في المناطق التي تكون فيها التربة متجانسة ومستوى الماء الأرضي بعيد بحيث لا يؤثر على رطوبة التربة في منطقة الجذور.

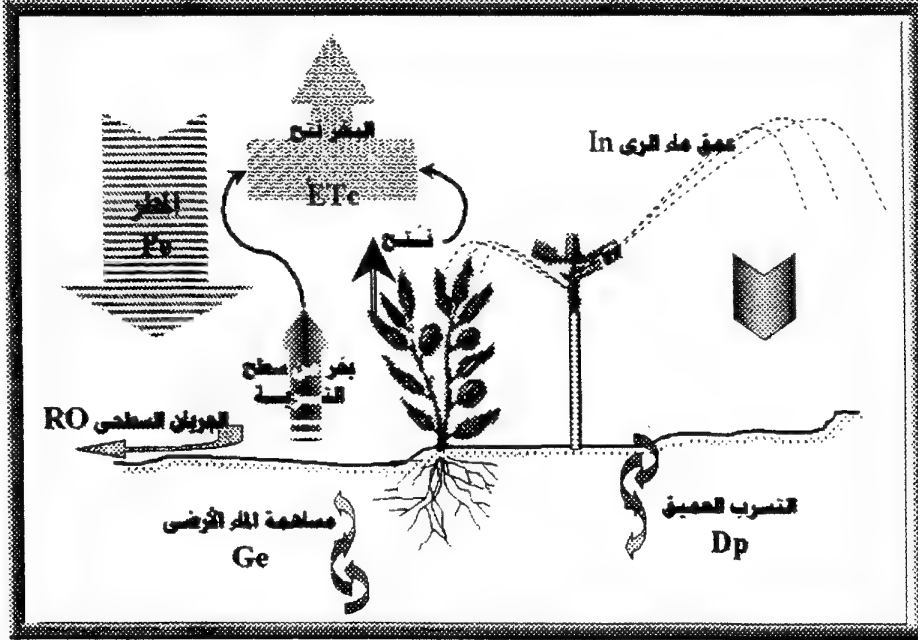
مثال : تربة المحتوى الرطوبي بها بعد عملية الري ٩,٢٥ % (السعة الحقلية وهي الرطوبة بعد ٢٤ ساعة من عملية الري) وكثافتها الظاهرية ١,٦ جم/سم^٣. احسب الاستهلاك المائي اليومي للمحصول النامي بها في فترة ما بين موسم النمو إذا علمت أن الفترة المذكورة من موسم النمو هي ستة أيام وأن نسبة الرطوبة في الطبقات المتتالية بمجال الجذور بعد الفترة المذكورة من النمو هي ٣,٢٥ % في عمق صفر - ١٥ سم، ٤,٢٥ % في عمق ١٥ - ٣٠ سم، ٥,٢٥ % في العمق ٣٠ - ٦٠ سم.

الحل: استهلاك المحصول من الماء في العمق صفر إلى ١٥ سم :

$$= (3,25 - 9,25) \times 1,6 \times 100 / 100 = 14,4 \text{ مم}$$

استهلاك المحصول من الماء في العمق ١٥ إلى ٣٠ سم:

$$= (4,25 - 9,25) \times 1,6 \times 100 / 100 = 12 \text{ مم}$$



$$L_t = I_n + P + G_e - (ET_c + D_p) + \Delta W$$

حيث ΔW التغير في الرطوبة الأرضية لمساحة معينة خلال فترة معينة

D_p التسرب العميق تحت منطقة الجذور

I_n عمق ماء الري الصافي ويعني كمية المياه المضافة مطروحا منها الفواقد مثل الجريان السطحي والماء المتساقط على النباتات والذي لا يصل إلى التربة.

P_e عمق المطر الفعال الذي يصل إلى سطح التربة.

G_e مساهمة الماء الأرضي عن طريق السريان إلى أعلى.

ET_c الاستهلاك المائي خلال فترة معينة (فترة القياس).

يلاحظ أن هذه الطريقة لا يجب استخدامها لقياس الاستهلاك المائي لفترات قصيرة short-term خلال موسم النمو للمحصول.

استهلاك المحصول من الماء في العمق ٣٠ إلى ٦٠ سم:

$$= (0,25 - 9,25) \times 1,6 \times 100/300 = 19,2 \text{ مم}$$

وعلى ذلك فإن الاستهلاك المائي للمحصول لفترة ٦ أيام:

$$= 19,2 + 12 + 14,4 = 45,6 \text{ مم}$$

ويكون الاستهلاك المائي اليومي $45,6/6 = 7,6 \text{ مم/يوم}$

ويكون الاستهلاك المائي لمساحة ١ فدان لعمق ٦٠ سم:

$$= (1000/7,6) \times 45,6 = 31,9 \text{ م}^3/\text{فدان/يوم}$$

الاستهلاك المائي لمساحة ١ هكتار لعمق ٦٠ سم:

$$= (1000/7,6) \times 45,6 = 76 \text{ م}^3/\text{هكتار/يوم}$$

٢ - الاتزان المائي Water Balance

تعتمد هذه الطريقة على حساب الماء الكلي المضاف والماء الكلي المفقود وذلك لمساحة حقلية كبيرة مثل حقل منزرع أو وادي وهي تشابه طريقة الليسيميتير الذي لا يستخدم الوزن وتتص هذه الطريقة على أن التغير في المحتوى الرطوبي خلال فترة معينة يساوي الفرق بين كميات الماء المضافة وكميات المياه المفقودة ويمكن التعبير عن هذا التوازن المائي كما يلي:-

أما احتياجات الري المائية I_n في $Irrigation$ water requirements عبارة عن البخر نتج للمحصول مطروحا منه كمية المطر الفعال ومضافا إليه الاحتياجات الغسيلية وفوائد إضافة المياه الناتجة عن عدم انتظام توزيع المياه.

Crop water requirements = Crop evapotranspiration

Irrigation water requirements = Crop water requirements

- Effective rain + Leaching

+ Loss due to non-uniformity of water application

ومصطلح المقنن المائي يستعمل أساسا في توزيع مياه الري على الترع المختلفة وفي الري السطحي غالبا، بينما في نظم الري المتطور غالبا ما يستخدم تعبير "احتياجات الري الصافية" (مم/ يوم) وعلى كل يجب التعامل مع التعبيرين ومعرفة مدلول كل منهما.

احتياجات الري الصافية (I_n) يمكن التعبير عنها بالآتي:

$$I_n = ET_c - (P_e + G_e + W_b)$$

حيث عمق المطر الفعال. وبوجه عام يمكن القول بأن عمق المطر الفعال P_e يساوي ٧٠% عن عمق المطر المتساقط حيث أنه ليس كل كمية المطر المتساقطة تصل إلى منطقة الجذور فجزء منها يفقد بالبخر والجريان السطحي والتسرب العميق.

G_e مساهمة المياه الأرضية في الاستهلاك الماء بالتحرك إلى أعلى لتصل منطقة الجذور

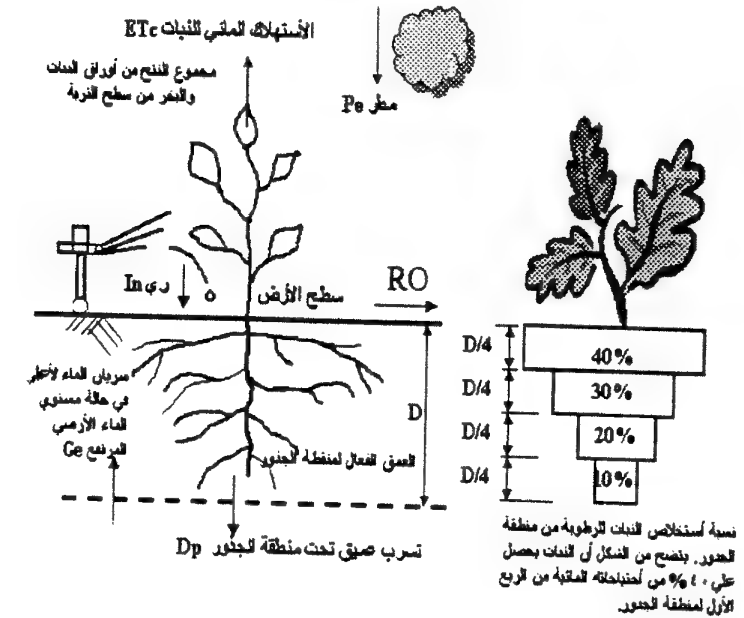
W_b مساهمة الرطوبة الأرضية المختزنة في الاستهلاك المائي.

I_n عمق ماء الري الصافي الذي يصل إلى منطقة الجذور.

the water budget equation is

معادلة لميزان المائي

$$Water_{end} = Water_{start} + I_n + P_e + G_e - ET_c - D_p + RO$$



احتياجات الري الصافية (In) Net Irrigation Requirements

وقد يطلق عليها أيضا المقنن المائي النظري Water Duty واحتياجات الري الصافية غالبا ما يعبر عنها بوحدات العمق للماء (مم) ولكن المقنن المائي النظري أو الحقل غالبا يعبر عنه بالمتري مكعب للفدان (أو للهكتار) في اليوم، أي بوحدات (التصرف لوحدة المساحة). كذلك احتياجات الري الصافية يمكن التعبير عنها أيضا بالمم / يوم كما سبق بيانه.

الاحتياجات المائية للمحصول Crop water requirements هي نفسها الاستهلاك المائي أو البخر نتج للمحصول Crop evapotranspiration

ET_c الاستهلاك المائي

وعلى ذلك يكون المقتن المائي water or irrigation duty من الوجهة النظرية هو عبارة عن القدر المحسوب من المياه الذي يلزم لرى الفدان الواحد في فترة معينة من الزمن لنمو المحصول. والمقتن المائي من ناحية توزيع المياه على الترع يطلق عليه مقتن الحقل وهو كمية المياه التي تعطى فعلاً للفدان الواحد في اليوم الواحد من أيام العمالة أو خلال الريّة الواحدة بوحدة (م^٣/فدان/ريّة أو م^٣/فدان/يوم).

احتياجات الري Irrigation Requirements V

احتياجات الري - Irrigation supply requirements Project water duties يزيد عن الاحتياجات المائية الصافية بمقدار الاحتياجات الغسيلية Leaching requirement (LR) لمنع تراكم الأملاح في منطقة الجذور بالإضافة إلى فواقد المياه خلال النقل والإضافة حيث لا يوجد نظام ري كفاءته ١٠٠% وتحسب احتياجات الري من المعادلة الآتية

$$V = \frac{I_n}{E_i (1 - LR)}$$

حيث E_i: كفاءة الري الكلية Overall irrigation efficiency

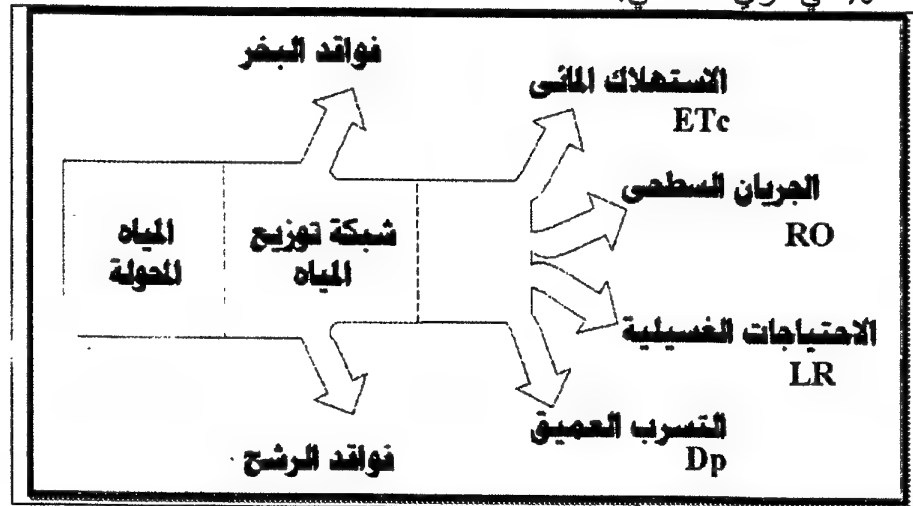
ومن الجدير بالذكر أن المحصول قد يحتاج إلى إضافة مياه تزيد عن الاستهلاك المائي للمحصول وتعد من الاحتياجات النافعة beneficial uses، مثل إضافة المياه بغرض الحصول على إنبات جيد أو المساعدة في الإنبات كذلك مقاومة الصقيع وإضافة الكيماويات أو الأسمدة وترطيب الجو وهذه الكميات من المياه تدخل ضمن الاحتياجات المائية الصافية I_n.

كفاءة الري (E_i) Irrigation Efficiency

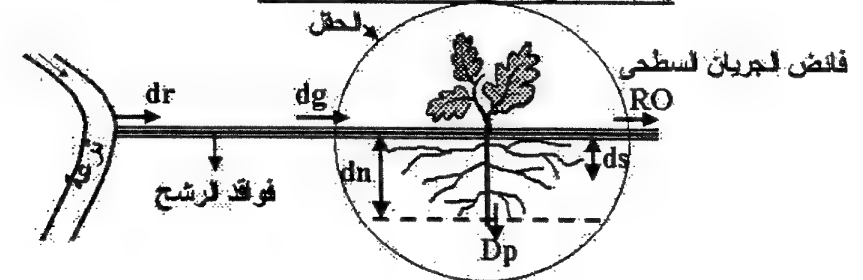
وتشمل كفاءة الري الكلية كفاءة نقل المياه وكفاءة إضافة المياه حيث تؤخذ كفاءة نقل المياه conveyance efficiency (E_c) عادة ٩٠% وهي

تساوى ناتج قسمة (كمية المياه التي تصل إلى الحقل) // (كمية المياه المحولة من المصدر). أما كفاءة إضافة المياه E_a Irrigation application efficiency فتساوى ناتج قسمة (كمية المياه التي تصل منطقة الجذور ويستفيد منها المحصول) // (كمية المياه التي تصل للحقل).

يتضح من هذا أن كفاءة إضافة المياه تعتمد على نوع نظام الري فهي تساوي حوالي ٨٥-٩٠% في الري بالتقسيط، ٧٠-٧٥% في الري بالرش، ٥٠-٦٠% في الري السطحي.



رسم تخطيطي يوضح كفاءات الري المختلفة



كفاءة نقل المياه	dr عمق ماء الري المحصول من التربة في مصدر المياه
$E_c = dg / dr$	dg عمق ماء الري الأجمالي المضاف للحقل
كفاءة لضخ المياه	dn عمق ماء الري الفصلي
$E_a = dn / dg$	ds عمق ماء الري المخزن في منطقة الجذور
كفاءة تخزين المياه	Dp عمق ماء التسرب العميق تحت منطقة الجذور
$E_s = ds / dn$	RO عمق ماء الجريان أو لفقدان السطحي

٣ - الليسيمترات Lysimeters

الليسيمتر عبارة عن تنك (حاجز محكم) في الأرض أو وعاء كبير مملوء بالتربة ينمو به المحصول تحت الظروف الطبيعية لقياس كمية المياه المفقودة عن طريق البخر والنتج. وهذه الطريقة تعطي قياسات مباشرة للاستهلاك المائي للمحصول وتستخدم في تقييم الطرق المختلفة لحساب الاستهلاك المائي ويجب أن تكون حالة التربة داخل الجذر هي نفس حالتها في الحقل. كما يجب أن يحاط الليسيمتر بنفس المحصول المنزوع داخله. ويجب وضع الليسيمترات بعيداً عن حدود الحقل بمسافة لا تقل عن ١٠٠ متر. يتم تحديد الاستهلاك المائي للمحصول داخل الليسيمتر E_t عن طريق المعادلة الآتية :

$$E_t = P_e + I_n - D_p \pm \Delta W$$

حيث أن عمق الأمطار المتساقطة P_e وعمق ماء الري المضاف I_n يمكن قياسه مباشرة وفي كل نوع من الليسيمترات توجد طريقة معينة لقياس عمق ماء التسرب العميق D_p أو الماء المنصرف، حيث يتم تجميع الماء المتسرب إلى قاع الليسيمتر وقياسه. أما التغير في المحتوى الرطوبي للتربة داخل الليسيمتر ΔW (وهو الماء الذي يستفده النبات من الماء المختزن في التربة عن طريق البخر نتج) فليس من السهل قياسه. ففي حالة الليسيمترات الوزنية مثلاً فإن التغير في وزن الليسيمتر يعطى القياس المباشر للتغير في المحتوى الرطوبي للتربة (ΔW). أما في حالة الليسيمترات التي لا تستخدم الوزن وتسمى الليسيمترات الحجمية فإن التغير في المحتوى الرطوبي يتم تحديده عن طريق تقدير نسبة الرطوبة باستخدام طريق جهاز النيوترون (Neutron Probes). وفي معظم الحالات يتم حساب الاستهلاك المائي عن طريق معادلة الاتزان المائي السابقة بعد عملية الري أو الأمطار وبعد أن يتم صرف الماء الحر بالجاذبية إلى أسفل. معنى هذا أن رطوبة التربة تصل إلى السعة الحقلية في كل مرة يتم فيها الري والتطبيق في المعادلة أي أن الاتزان يتم عند رطوبة ثابتة وهي السعة الحقلية، وهذا يعني أن $\Delta W = 0$ بمعنى أن في كل مرة يتم فيها الري يتم تعويض رطوبة التربة المستنفدة بالاستهلاك المائي وعلى ذلك تصبح المعادلة المستخدمة في الليسيمتر الحجمي الذي يعمل عن طريق قياس التسرب العميق هي :

$$D_p - I_n + P_e = E_t$$

وهذا يعني أن القيمة المتحصل عليها من المعادلة للاستهلاك المائي E_t هي القيمة المتوسطة خلال الفترة بين الريات أو بمعنى آخر بين عمليتي قياس التسرب العميق D_p .

ويمكن تقسيم الليسيمترات إلى ثلاثة مجموعات رئيسية كما يلي:

أ - ليسيمتر ذات مستوى ماء أرضى ثابت Non weighing, constant water table type

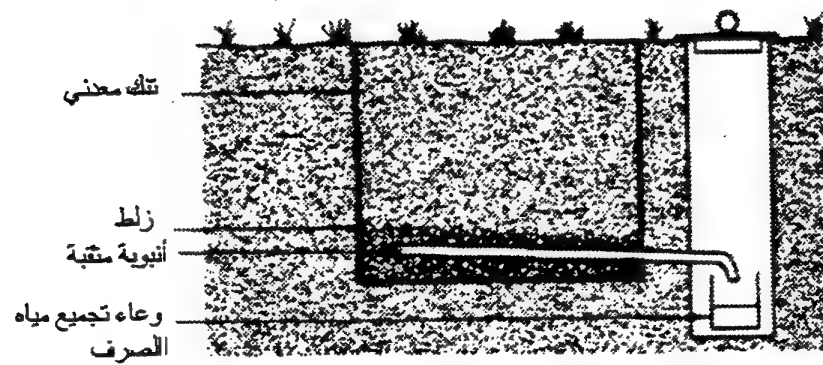
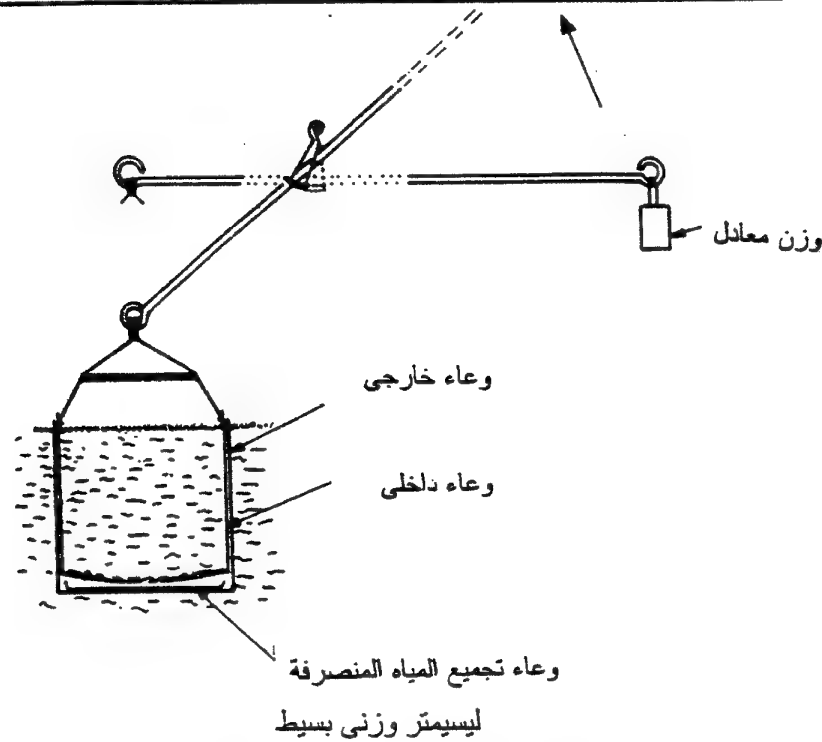
وتستخدم في المناطق التي يوجد بها ماء أرضى مرتفع، وفي هذه الطريقة يتم تقدير كميات الماء اللازمة لحفظ مستوى الماء الأرض بالخران عند مستوى معين (مستوى الماء الأرضى خارج الليسيمتر). وعندما ينخفض هذا المستوى نتيجة للاستهلاك المائى للمحصول النامي، تضاف كميات من المياه لتعويض هذا الانخفاض، ومن ثم معرفة الاستهلاك المائى.

ب - ليسيمتر التسرب العميق Non weighing, percolation type

وفيه يتم تقدير الرطوبة دورياً داخل الليسيمتر أثناء نمو النبات ثم تحسب الكميات اللازمة لتعويض الفقد فى الرطوبة المذكورة. ويتم قياس الرطوبة على الأعماق المختلفة بواسطة طريقة النيترون وهذه الطريقة تستخدم في المناطق المرتفعة الأمطار.

ج - الليسيمتر الوزنى Weighing type

وفيه يتم وزن الليسيمتر دورياً وحساب كميات الماء اللازمة لتعويض النقص المستمر فى الوزن نتيجة الاستهلاك المائى للمحصول. وهذه الطريقة هي من أدق الطرق ولكنها مكلفة حيث يتم وزن الليسيمتر كليه بميزان ميكانيكى أو هيدروليكيًا أو باستخدام كفة معادلة Counterbalanced scale ويمكن قياس الاستهلاك المائى بدقة خلال فترات قصيرة تصل إلى ساعة عند استخدام الميزان الميكانيكى أو استخدام نظام خلايا الأحمال Load cell systems



Drainage Lysimeter ليسيمتر حجمي

عملية احتراق الاوراق لا تشكل مشكله. اضافة مياه الري على فترات متقاربة فى الري بالتنقيط تخفض تركيز الاملاح فى التربه بصفه مستمره . وهكذا فان الري بالتنقيط يسمح باستخدام مياه مالحة دون حدوث اثار عكسيه .

١١- ترشيد استخدام الطاقة. ويتم توفير الطاقه فى الري بالتنقيط بطريقتين . اولهما عند مقارنته بالرى بالرش فان ضغط التشغيل يقل بدرجة كبيره من ٣ جوى الى ١ جوى ، وبالتالي التوفير فى القدره اللازمه لضخ المياه . وثانيهما التوفير فى مياه الري المضافه و بالتالى انخفاض الطاقه المستهلكه.

١٢- زيادة انتاجية المحصول. يزداد نمو المحاصيل اذا كانت الرطوبه فى التربه تقترب من السعه الحقلية حيث لا يبذل المحصول جهدا كبيرا فى الحصول على المياه . و هذا يحدث فى الري بالتنقيط وذلك لان الري يتم على فترات متقاربة وبكميات بسيطه بعكس الطرق الاخرى للرى و التى يتم فيها الري على فترات متباعده و بكميات كبيره .

١٣- تحسين جودة المحصول.

١٤- انخفاض تكاليف العمالة. ان اضافة المياه بمعدل منخفض فى الري بالتنقيط يمكن من رى مساحه كبيره فى نفس الوقت باستخدام نفس المضخه و هذا يقلل من العماله المستخدمه حيث ان العماله تستخدم فقط فى فتح وغلق المحابس للقطع المختلفه المطلوب رىها . ولهذا فان التشغيل الذاتى لنظام الري بالتنقيط يعتبر غير مكلف حيث يقوم مؤقت زمنى Timer بعملية فتح وغلق المحابس . و يؤدى الري بالتنقيط الى اختصار العمليات الزراعيه مثل مقاومة الحشائش و اضافة الاسمدة بالاضافه الى سهوله الحصاد لمحصول منتظم النمو.

عيوب الري بالتنقيط:

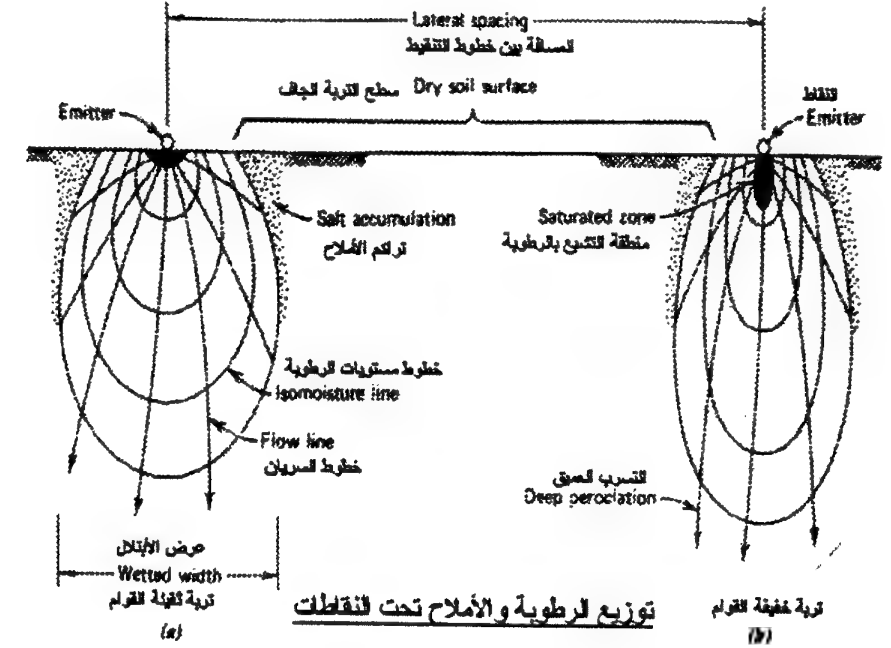
١- انسداد المنقطات

ان المشكله التى تواجه مستخدم نظام الري بالتنقيط هو انسداد المنقطات Emitter clogging حيث أن المياه تسير فى مسارات ضيقة داخل المنقطات بالإضافة الى صغر فتحة خروج المياه من المنقط و التى من السهل انسدادها بجزيئات المواد المعدنية أو العضوية . وهذا الانسداد يخفض معدل خروج المياه من المنقط وبذلك يقلل من انتظام توزيع المياه مما يسبب فى حدوث اجهاد وضرر للنباتات. ففى بعض الحالات فإن الشواظ توجد فى مياه الري وقد لا ترشح جيدا فى محطة الفلاتر . بالإضافة الى انه قد يحدث كسر فى الخطوط الرئيسيه أو الفرعيه مما يسبب دخول مواد غريبه فى خطوط الأنابيب وبالتالي فى المنقطات وفى حالات أخرى فإن هذه الجزيئات قد تتكون فى المياه داخل الخطوط او عندما تتبخر من فتحات المنقطات فى أثناء الفترة بين الريات. فأكسيد الحدي و كربونات الكالسيوم والطحالب وانعواش البكتيرية من الممكن أن تتكون فى شبكة الري بالتنقيط فى مواقع معينه فتؤدى الى انسداد المنقطات.

٢- تراكم الأملاح

تميل الأملاح الى التركيز فوق التربه وحول منطقة الابتلال وبالتالي يحدث عند سقوط الأمطار أن تتحرك هذه الأملاح من على السطح مع مياه الأمطار الى داخل منطقة الجذور. ولهذا عند سقوط الأمطار فى هذه الحالة فإن عمليه الري يجب أن تستمر لضمان غسيل الأملاح من منطقة الجذور . أثناء الري بالتنقيط تتركز الأملاح تحت سطح التربه حول محيط الحجم المبثل الناتج عن المنقط . وبالتالي فإن جفاف التربه أثناء الفترة بين الريات قد يحدث حركه عكسيه للرطوبة الأرضية وبذلك تنتقل الأملاح ثانياً من المحيط المبثل نحو المنقط. ولهذا فإن حركة المياه يجب أن تكون دائما خارجة من المنقط ومنتجة بعيدا عنه الى المحيط المبثل وذلك لتجنب تأثير الأملاح على

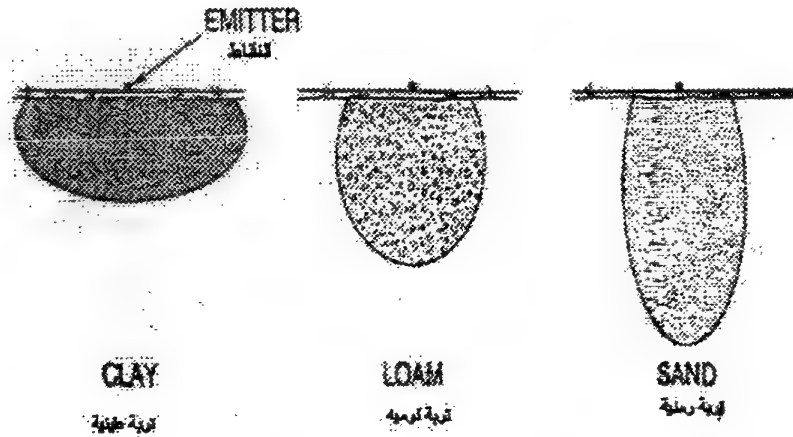
للنباتات. ولهذا فإن من الضروري أن يتم غسيل الأملاح من منطقة الجذور عند توافر المياه وخاصة في فصل الشتاء.



٣- للتكاليف المرتفعة بالنسبة لنظم الري الأخرى.

- تأثير نوع التربة على مساحة الابتلال

تعتمد مساحة الابتلال للمنقط على نوع التربة ففي حالة التربة الرملية الخشنة يتراوح نصف قطر الابتلال للمنقط من ١٥ : ٤٥ سم وفي حالة التربة الرملية الناعمة من ٣٠ : ٩٠ سم وفي التربة (اللومية) ٩٠ : ١٢٠ سم والتربة الطينية الثقيلة ١٢٠ : ١٨٠ سم. والشكل يوضح شكل الابتلال لثلاثة أنواع من التربة:- تربة رملية خفيفة فيها قوى الجاذبية أكثر وأقوى من الحركة الشعرية في الاتجاه الجانبي وتربة متوسط القوام لومية وتربة ثقيلة بها حركة شعرية جانبية جيدة.



شكل الابتلال تحت النقاط

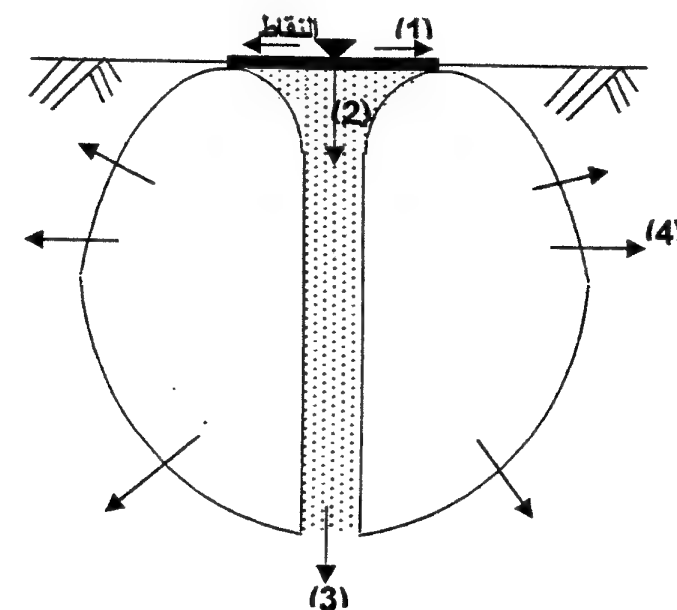
Water movement under a micro irrigation

تحرك المياه تحت النقاط

point source

يوجد أربع طرق لأنتقال المياه كما هو مبين بالشكل من النقاط وتحركها داخل التربة تعتمد على الحجم والزمن:

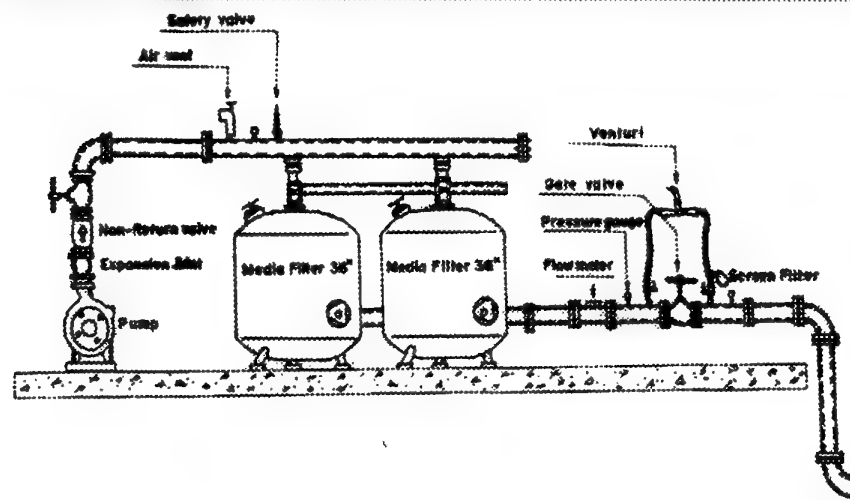
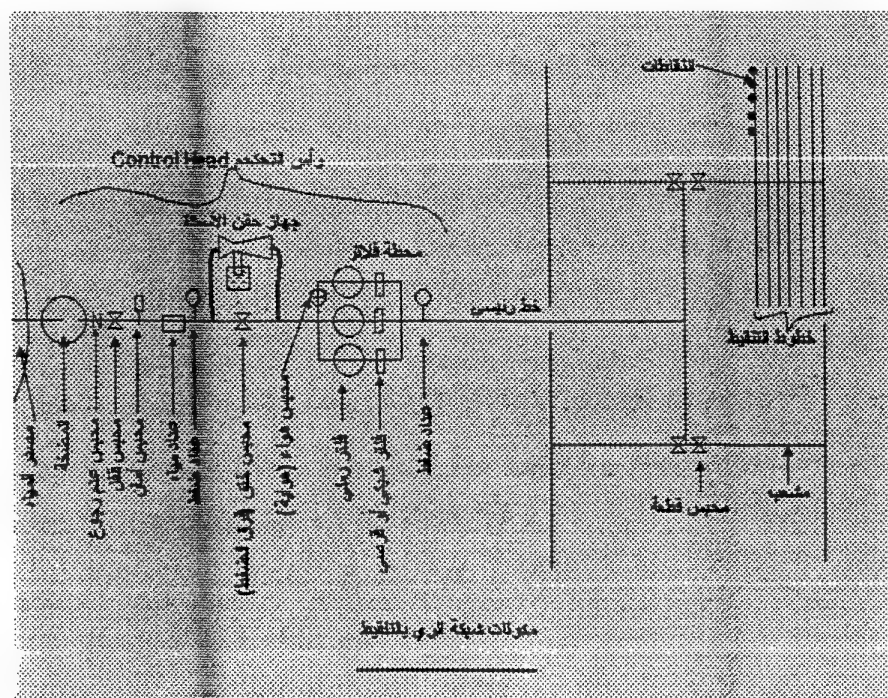
- ١- الغمر Ponding : فكلما زاد تصرف النقاط عن معدل تسرب المياه في التربة زادت دائرة الغمر تحت النقاط فوق سطح التربة.
- ٢- القلب المشبع Saturated core : يتم تشكيل هذا القلب إذا تم تشغيل النقاط مدة طويلة كافية.
- ٣- التسرب الرأسي Vertical percolation : الحركة السريعة للمياه بفعل الجاذبية.
- ٤- الانتشار Diffusion : تتحرك المياه بواسطة الخاصية الشعرية Capillarity في جميع الاتجاهات بالنسبة للتوصيل الهيدروليكي للتربة.



مكونات نظام الري بالتنقيط :

١- وحدة التحكم Control Head

وتشمل كما فى الشكل على مضخة - محبس عدم رجوع - محبس قفل- منظم ضغط حتى لا يزيد الضغط داخل الخط الرئيسى عن ٦ بار أو صمام تخفيف الضغط Pressure Relief Valve - عداد مياه - عداد ضغط - وحدة حقن أسمده بمشتملاتها- مرشح رملى فى حالة مياه مصدرها مكشوف تنمو به الطحالب - - مرشح شبكى - صمام هواء Air Relief Valve . ويطلق على هذه الأجهزة رأس التحكم Control Head . وتخرج المياه من رأس التحكم الى الخط الرئيسى ثم الخطوط الفرعية والمشعبات وأخيرا خطوط التتقط.

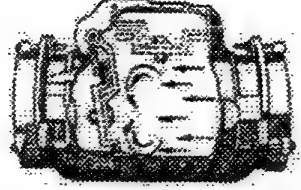


Control Unit

أ- صمام الهواء (محبس هواء أو هوائية) Air Relief and Vacume Relief

يركب صمام الهواء فى الأماكن المرتفعة فى خط الأنابيب للأغراض الآتية :

١- للسماح للهواء بالخروج عند ملئ خط الماء.



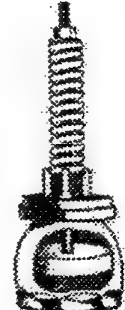
Swing Check Valve

صمام عدم الرجوع



Air Vacuum Relief Valve

صمام هواء



Pressure Relief Valve

صمام تخفيف الضغط

جـ صمامات عدم الرجوع Check Valves

تستخدم لمنع عكس اتجاه السريان وذلك لمنع حدوث تلف في المضخة نتيجة عكس اتجاه السريان وكذلك لمنع نزوح المياه من خط السحب. وكذلك لحماية مصدر المياه (البنر) من التلوث بسبب رجوع المياه التي قد تكون مختلطة بالكيماويات.

د - المحابس الكهربائية

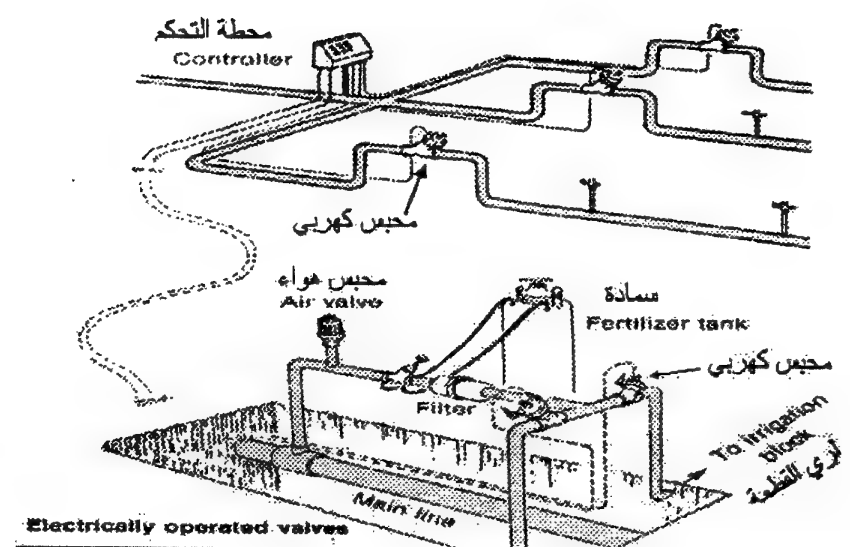
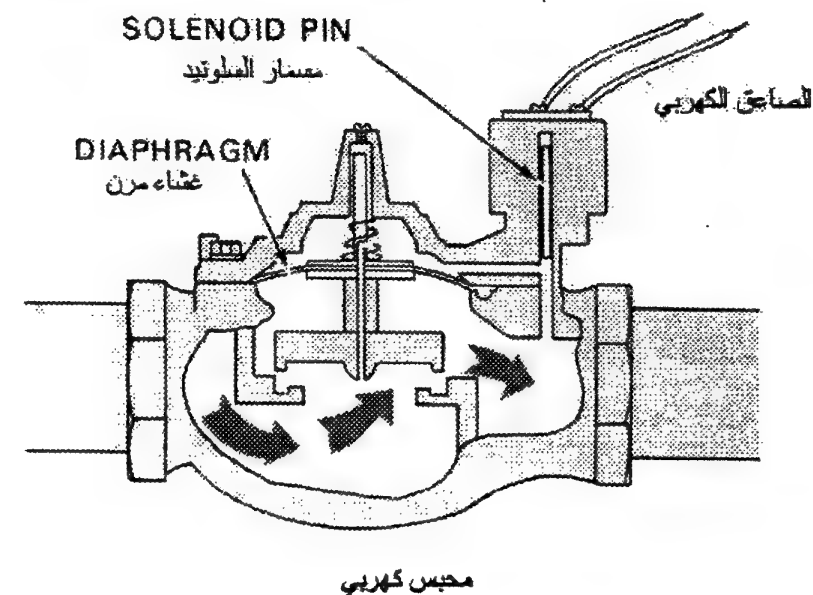
تستخدم المحابس الكهربائية للتحكم في ري القطع المختلفة عن طريق محطة تحكم تعمل على أساس التحكم في الزمن يتم برمجتها لتشغيل عدة محابس كهربية فعندما يحين زمن ري القطعة تقوم محطة التحكم بغلق الدائرة الكهربائية للمحابس الخاص بهذه القطعة فتصل الكهرباء إلى الصاعق فيقوم الملف المغناطيسي بسحب مسمار السلونيد لأعلى وبالتالي تمر المياه المحبوسة فوق الغشاء المرن مما يؤدي إلى تقليل الضغط على الغشاء وبالتالي تقوم المياه بتحريكه لأعلى وفتح الصمام ويظل الصمام مفتوحا إلى أن تقوم محطة التحكم بفتح الدائرة عند مرور الزمن الذي تم ضبط محطة التحكم عليه وعند انقطاع الكهرباء عن الصاعق يفقد الملف مغنطته وبالتالي يترك مسمار السلونيد لأسفل مانعا مرور المياه مما يؤدي إلى تركم المياه فوق

- ٢- للسماح للهواء بالدخول للخط عند صرف المياه منه.
 - ٣- لإزالة الجيوب الهوائية في الأماكن المرتفعة داخل الخط.
 - ٤- لمنع حدوث ضغط سالب في الخط عند إيقاف ضخ المياه.
- وهناك قاعدة عامة تقول بأن قطر فتحة صمام الهواء يجب ألا تقل عن ٢٥ ر. قطر خط الأنابيب.

ب- صمام تخفيف الضغط (محبس أمان) Pressure Relief Valve

- يركب في الأماكن التي يتوقع فيها زيادة في الضغط داخل الشبكة ويحدث ارتفاع في الضغط في الحالات الآتية:-
- ١- الغلق أو الفتح المفاجئ للمحبس (الصمام)
 - ٢- تشغيل أو إيقاف المضخة.
 - ٣- عطل صمام تنظيم الضغط في الشبكة.
 - ٤- الغلق المفاجئ لصمام الهواء عند اندفاع المياه بضغط مرتفع.
 - ٥- الغلق المفاجئ لمحبس عدم الرجوع عند عكس اتجاه السريان.
 - ٦- الخطأ في التصميم عند تقدير الضغط الاستاتيكي والديناميكي في خط الأنابيب.

لغشاء المرن وبالتالي زيادة الضغط بالإضافة الي ضغط الياي فيتحرك الغشاء المرن لأسفل وغلق الصمام.

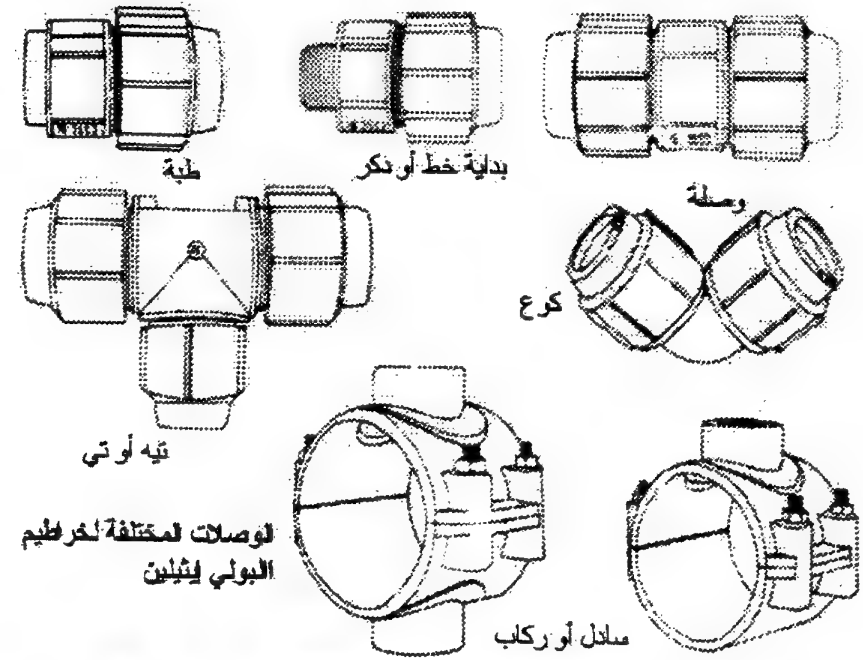


طريقة تركيب المحابس الكهربائية للتحكم في تشغيل شبكة الري

٢- الخط الرئيس Main line

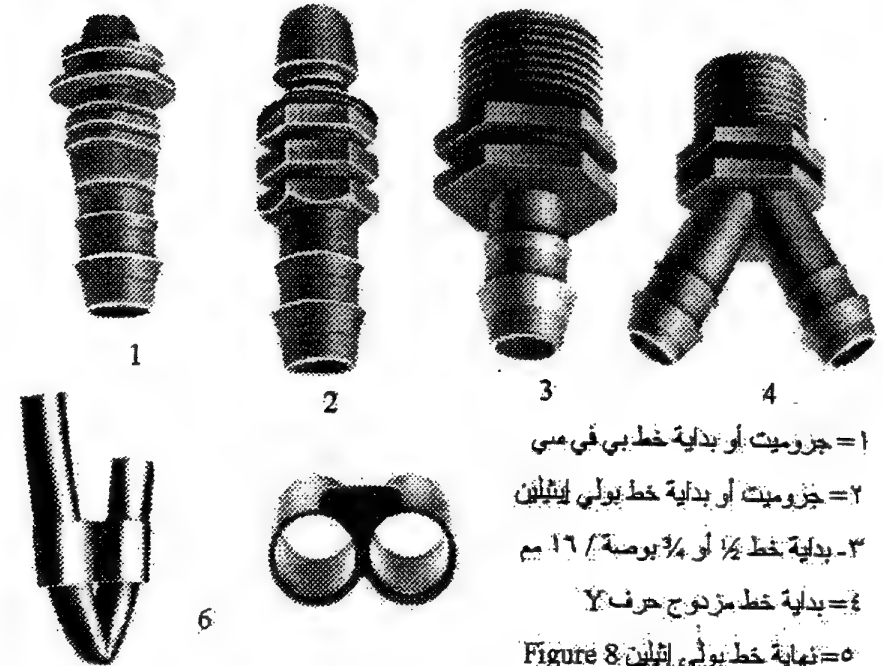
يقوم الخط الرئيسى بتوصيل المياه من وحدة التحكم الى الخطوط الفرعية وحيث أن هذا الخط يحمل تصرف المياه الخارج من المضخة فإن قطره يعد أكبر المواسير قطرا ويجب أن لا يتعدى سرعة المياه داخله ١ متر/ث في حالة إذا كان مصنوعا من مادة بلاستيكية (جدول رقم ١ وجدول رقم ٢) أو ٢ م/ث إذا كان من الحديد وتكون المواسير الرئيسية عادة من مادة بى فى سى PVC أو الأسبستوس AC أو الحديد المجلفن أو مادة البولى ايثيلين PE ويجب أن لا يقل ضغط التحمل للخط الرئيسى المصنوع من PVC أو PE عن ٦ بار وقد يصل الى ١٠ بار تبعا للتصميم والضغط الذى تعطيه المضخة . وفى حالة استخدام الـ PVC يجب دفنه بالأرض لحمايته من أشعة الشمس المباشرة حتى لا يحترق ويتشقق ويكون الدفن على عمق لا يقل عن ٨٠ سم حتى لا يتأثر بأحمال الآلات فوق سطح الأرض ويكون أيضا بعيدا عن أسلحة المحاريث.

وتوصل قطع المواسير الصنوعة من P.V.C بأطوال ٦ متر مع بعضها اما بواسطة اللصق (Tapered Sleeve Joint) T.S. وذلك للأقطار الصغيرة حتى ٧٥ مم (٢,٥ بوصة) أو بواسطة حلقة الكاوتش (Rubber Ring Joint) R.R. للأقطار الأكبر من ٩٠ مم (٣ بوصة) وذلك لأن الحلقات الكاوتش تسمح بالتمدد والانكماش، ولا يجب تسوين المواسير المصنوعة من P.V.C بالحقل تحت أشعة الشمس المباشرة لحمايتها من التشقق أو الألتواء. وقبل التركيب يجب تفريغ المواسير تماما من أية شوائب ثم تنظف أطرافها جيدا بقطعة من القماش، ويفضل التنظيف باستخدام مادة مطهرة مثل الأسيتون أو التتر ثم تضاف المادة اللاصقة لطرف الماسوره للنيل (الذكر) ثم يدخل فى طرف الماسورة الأخرى أو الرأس (الأنثى) والضغط حتى يتم اللصق تماما وعند تغيير اتجاه الخط أو التفريع أو وجود محابس يدعم الخط بخرسانة عادية وعند الردم يجب ترك نقاط الاتصال بين الأنابيب فقط مكشوفة حتى يتم عمل اختبار الضغط على ضغط ٦ بار وذلك لإمكان اصلاح النقاط التى قد يحدث بها تسرب، وبعد نجاح الاختبار يتم تغطية جميع النقاط.



لوصلات مختلفة لخرطوم البولي إيثيلين

مائل أو ركاب



١ = جروميت أو بدلية خط بي في سي

٢ = جروميت أو بدلية خط بولي إيثيلين

٣ - بدلية خط ١/٢ أو ٣/٤ بوصة / ١٦ مم

٤ = بدلية خط مزدوج حرف Y

٥ = نهاية خط بولي إيثيلين Figure 8

جدول (١) للتصرفات المسموح بها للمواسير (P.V.C) عند ضغط ٦ بار :

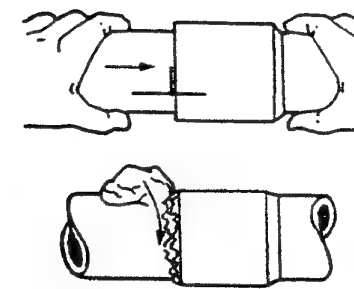
القطر الخارجي (مم)	القطر الداخلي (مم)	أقصى تصرف مسموح به (م ^٣ /س)	الفاقد في الاحتكاك متر / ١٠٠ متر
٣٢	٢٨,٤	٢,٥	٥,٥
٤٠	٣٦ر٤	٤ر٠	٤,٠
٥٠	٤٦ر٤	٨ر٠	٤,٣
٦٣	٥٩ر٢	١٤ر٩	٤,٢
٧٥	٧٠ر٦	٢١ر١	٣,٤
٩٠	٨٤ر٦	٣٠ر٣	٢,٨
١١٠	١٠٣ر٦	٤٥ر٥	٢,٢
١٢٥	١١٧ر٦	٥٨ر٦	١,٩
١٤٠	١٣١ر٨	٧٣ر٧	١,٦
١٦٠	١٥٠ر٦	٩٦ر٢	١,٤
٢٠٠	١٨٨ر٢	١٥٠ر٢	١,١
٢٢٥	٢١١ر٨	١٩٠ر٣	٠,٩٥
٢٥٠	٢٣٥ر٤	٢٣٥ر٠	٠,٨٤

جدول (٢) للتصرفات المسموح بها للمواسير البولي إيثيلين (PE) :

القطر الخارجي (مم)	القطر الداخلي (مم)	التصرف (م ^٣ /س)	الضغط التشغيل (بار)	الفاقد في الاحتكاك متر / ١٠٠ متر
١٥ر٥	١٣ر١	٠ر٤	٢ر٥	٨,٠
١٨	١٥ر٦	٠,٦	٢ر٥	٧,٣
٢٠	١٧	٠,٨	٢ر٥	٨,١
٢٥	٢٠ر٨	١ر٣	٤	٧,٤
٣٢	٢٦ر٩	٢ر٥	٤	٧,٢
٤٠	٣٤ر٦	٥ر١	٤	٧,٨
٥٠	٤٤ر٦	٨ر٤	٤	٥,٨
٦٣	٥٧ر٦	١٤ر١	٤	٤,٣
٧٥	٦٨ر٦	٢٠,٠	٤	٣,٥
٩٠	٧٩ر٨	٢٧ر٠	٦	٢,٩
١١٠	٩٧ر٤	٤٠ر٢	٦	٢,٣

Solvent Weld Joints

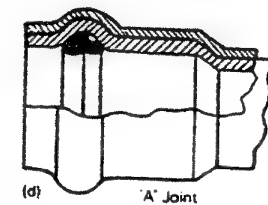
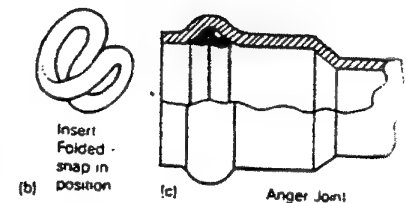
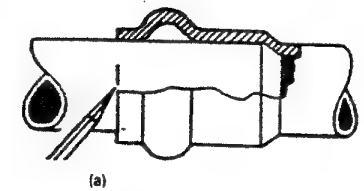
٢- باستخدام اللصق



طرق توصيل مواسير البى فى سى

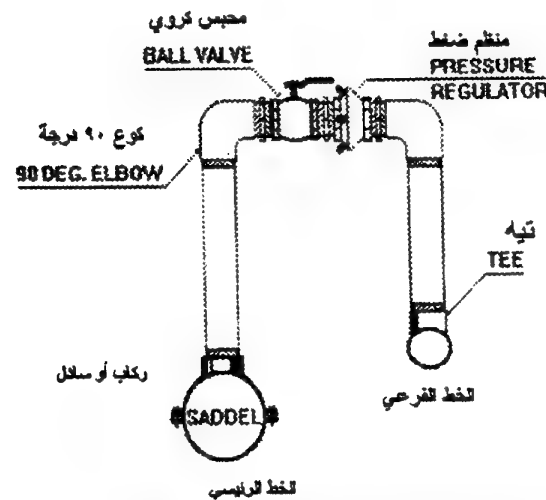
Ring Seal Joints

١- باستخدام الجوان



٣- الخطوط الفرعية أو التحت رئيسية submain

تقوم بتوصيل المياه من الخط الرئيسى الى خطوط المشعبات وما ينطبق على وصف الخط الرئيسى ينطبق أيضا على الخط تحت الرئيسى.

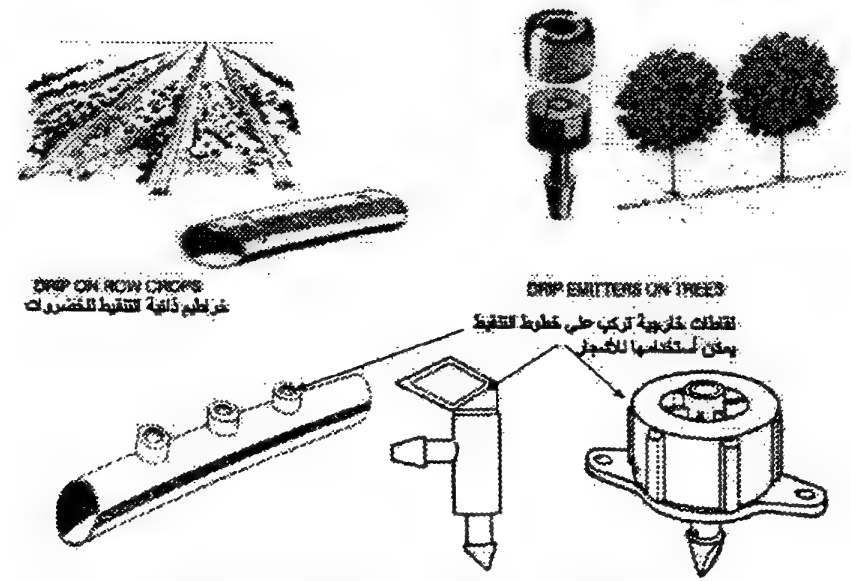


طريقة توصيل لخط الرئيسى بـ لخط فرعى

٤- المشعبات Manifolds

يصنع غالبا من مادة البولى ايثيلين PE او مادة بى فى سى PVC ويتحمل ضغط لا يقل عن ٦ بار وهو يقوم بتوصيل المياه من الخطوط التحت رئيسيه الى خطوط الري او خطوط التنقيط . وقد يدفن تحت سطح الأرض أو لا يدفن.

وينتهى المشعب إما بصمام غسيل/صرف Drain/Flush valve أو بطبة نهاية من البلاستيك أو بمحسب غسيل يدوي. وفي حالة استخدام صمام الغسيل الأوتوماتيكي يفتح ويغلق تلقائيا حسب ضغط التشغيل وذلك للتخلص من الرواسب فى نهاية الخط ، فعند بداية التشغيل يكون الضغط منخفضا فيفتح الصمام ليخرج منه ما ترسب وبزيادة الضغط يغلق الصمام ويتم الري وعند نهاية التشغيل يقل الضغط فيفتح الصمام وتخرج الرواسب وهكذا. وحتى لا يحدث شفت للتربة عند الصمام أو الطبة فيجب رفعها عن سطح الأرض بأن نضع وصلة ٤٥ درجة لتصل المشعب المدفون تحت سطح الأرض بالمحسب فوق سطح الأرض.



أنواع مختلفة من النقاطات التي تستخدم في الري بالتنقيط

صفات المنقط المثالي:

- ١- رخيص الثمن.
- ٢- سهل التصنيع.
- ٣- سهل التركيب.
- ٤- مقاوم للانسداد.
- ٥- معوض كامل للضغط، أي لا يتأثر التصريف بالتنبيب في الضغط.
- ٦- لا يتغير أدائه بمرور الزمن.
- ٧- يتحمل ظروف التشغيل.
- ٨- دقيق.

قد لا تتوفر كل هذه الصفات في المنقط المستعمل ولكن تعتمد طريقة اختيار المنقط على أهمية كل صفة في تشغيل المنقط. فقد لا تكون المقاومة للانسداد مهمة إذا كانت المياه المستعملة نظيفة أو قد يكون التعويض الكامل للضغط غير مهم إذا كانت الأرض مستوية والخطوط قصيرة الطول.

وسائل تخفيض الضغط داخل المنقطات:

- ١- استخدام ممر طويل long path
- ٢- استخدام فتحة ضيقة Orifice
- ٣- أحداث دوامات Vortex

تقسيم المنقطات حسب نوع السريان (التقسيم الهيدروليكي للمنقطات):

تكتب المعادلة العامة التي تصف التصرف في المنقطات كالآتي:

$$q = KP^x$$

حيث:

q = التصرف الخارج من المنقط

p = ضغط التشغيل للمنقط

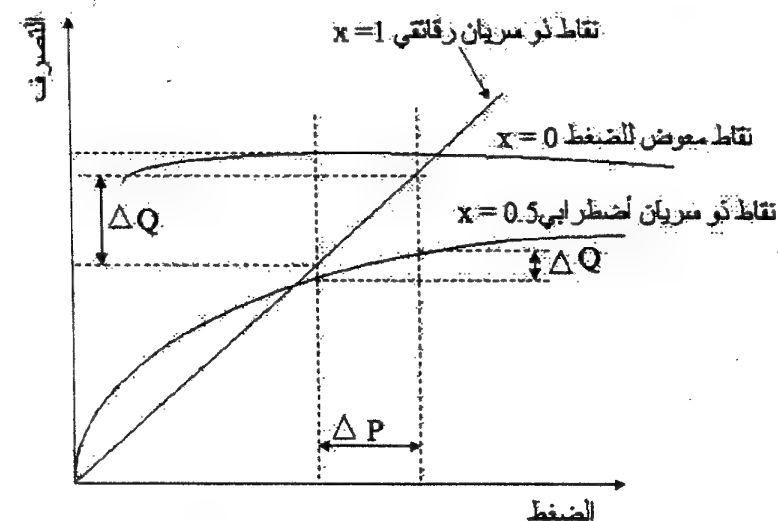
x = القيمة الأسية للمعادلة

وقد وجد أن القيمة الأسية لمعادلة تصرف المنقط تحدد نوع وخواص سريان الماء داخل المنقط كالآتي:

١- منقطات السريان الرقائقي

وهي رخيصة الثمن وبسيطة وتتحمل ظروف التشغيل ومر عيوبها أنها حساسة لتغير الضغط، فالتصرف يتغير كثيرا بتغير الضغط. وهي أكثر عرضة للانسداد بسبب انخفاض سرعة السريان خلال الأنابيب، وهي أيضا أكثر حساسية لتغير لزوجة المياه بتغير درجة الحرارة وقيمة $x = 1$ وهذا يعني أن تصرف المنقطات حساس للتغير في الضغط كما في الشكل فتغير مقداره ١٠% في

الضغط يقابله ١٠% تغير في التصرف. حيث أن $\frac{\Delta Q}{Q} = X \frac{\Delta P}{P}$



لتغير في تصرف لنقاط يعتمد علي قيمة لن معللة تصرف لنقاط

٢- منقطات السريان الاضطرابي

تمتاز هذه المنقطات بقصر ممر السريان أو اتساعه وارتفاع سرعة السريان وهذه مميزات لعدم الانسداد في المنقطات وأيضا قليلة الحساسية لتغير الضغط ولتغير اللزوجة للمياه وذلك بالمقارنة بمنقطات السريان الرقائقي وقيمة $x = 0.5$ ، وهذا يعني أن تغير مقداره ٢٠% في الضغط يقابله تغير ١٠% في التصرف. كما في الشكل.

٣- المنقطات الدوامية Vortex

تعتمد فكرة المنقطات الدوامية على انخفاض الضغط في المركز نتيجة دوران المياه في الدوامة واندفاعها ناحية الحافة الخارجية بدفع المياه بقوة الطرد المركزي ، ونقطة انبعاث المياه تقع في مركز الدوامة حيث الضغط المنخفض والمنقطات الدوامية أقل حساسية للضغط من منقطات السريان الاضطرابي ومن عيوب المنقطات الدوامية ضيق مسار المياه وبالتالي سهولة الانسداد بحبيبات التربة والشوائب لذلك تحتاج لنظام ترشيح نو كفاءة عالية

وقيمة $x = 0.4$ وهذا يعني أن هذا النوع من المنقطات أقل حساسية للتغير في الضغط من الاضطرابي.

٤- المنقطات المعوضة للضغط Pressure Compensating

تستخدم هذه المنقطات ضغط المياه الواصل اليها في تعديل قطر مسار السريان أو شكله أو طوله وذلك باستخدام قرص مطاطي قابل للتشكيل أو غشاء مرن ومن عيوب هذه المنقطات أن المادة المطاطية تتغير خواصها بمرور الزمن لذلك يجب أن تكون جودتها عالية وقيم $x = 0.0$ وهذا يعني أنه مهما تغير الضغط تكون قيمة التصرف ثابتة كما في الشكل. وهي تستغل عندما يكون الخط به ارتفاعات وانخفاضات أو خط طويل نسبيا.

٧- أجهزة غسيل الخطوط :

الهدف من عملية الغسيل هو إزالة العوالق المترسبة من الفرعيت وخطوط التنقيط. وهي عبارة عن صمام أو محبس غسيل ويركب في نهاية المشعبات والفرعية لإجراء عمليات غسيل دورية للرواسب وتتكور أجهزة الغسيل من كوع بلاستيك ٤٥ ٥ ومحبس أو طبه

٨- وحدة الترشيح (الفلتر)

ممر خروج المياه من المنقطات ذات قطر صغير أقل من ٢ مم. ، هذا عرضه للانسداد ويجب على الشركة الصانعه للمنقطات أن تذكر دقة الترشيح المطلوبة للمنقط وذلك عن طريق ذكر رقم فتحات الشبكة أي Mesh No. التي يجب أن تتوفر في الفلتر المستخدم حتى تقلل من انسداد المنقط (جدول رقم ٣).

رقم المش يمثل عدد الفتحات في البوصة الطولية وحيث أن الفتحات تشغل ٥٨ % من طول البوصة أي تشغل ٢٥,٤ مم $\times ٠,٥٨ = ١٤,٨$ مم

وحيث أن قطر فتحة النقاط ١ مم ويجب حجز الشوائب التي مقاسها ٠,١ من قطر فتحة النقاط فإنه يجب حجز الشوائب التي قطرها ٠,١ مم أى رقم منخل حوالي ١٥٠ كما يلي

$$\text{Mesh No.} = 14.8 / 0.1 = 148$$

وعادة يجب التخلص من الشوائب الموجودة بالمياه قبل دخولها المنقط. تلك الشوائب الواجب التخلص منها ذات قطر أقل بكثير من قطر ممر خروج المياه من المنقط حيث أنه يجب التخلص من الشوائب ذات القطر ١٠/١ من قطر فتحة المنقط. لأن هذه الشوائب قد تتحد مع بعضها فتسد المنقط عند ممر خروج المياه حيث أن غالبية المواد العضوية ذات كثافة أقل من كثافة الماء. وكذلك فإن الرمل الناعم جدا يميل الى الترسيب فى حالة سرعة السريان المنخفضة (السريان الرقاتقى) ويترتب على انسداد المنقطات اثار سلبية خطيره منها تخفيض كفاءة الري و انخفاض انتظام توزيع المياه وعدم حصول النباتات على احتياجاتها المائية. علاوة على العماله الزائدة المستخدمة فى تسليك المنقطات وتنظيفها أو استبدالها.

جدول (٣) يوضح العلاقة بين نوع الحبيبات والحجم بالميكرون ورقم المش (عدد الثقوب فى البوصة) للشبكة المناسبة لها

نوع الحبيبات	الحجم بالميكرون	رقم المش
رمل خشن جدا	٢٠٠٠ - ١٠٠٠	١٨ - ١٠
رمل خشن	١٠٠٠ - ٥٠٠	٣٥ - ١٨
رمل متوسط	٥٠٠ - ٢٥٠	٦٠ - ٣٥
رمل ناعم	٢٥٠ - ١٠٠	١٦٠ - ٦٠
رمل ناعم جدا	١٠٠ - ٥٠	٢٧٠ - ١٦٠
سلت	٥٠ - ٢	—
طين	أقل من ٢	—

أسباب الانسداد :

نوعية وجودة مياه الري ذات أهمية كبيرة فى تحديد طرق معالجة مشاكل الانسداد حيث أن احتواء مياه الري على الطين والملت والرمل وكذلك المواد العضوية مثل الطحالب واحتواء مياه الري كذلك على أنيونات البيكربونات وكاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم فيحدث ترسيب لكاربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم كذلك احتواء مياه الري على أكسيد الحديدوز الذائب (FeO) الذى يتأكسد بأكسجين الهواء الجوى ليرسب لكسيد الحديدك (Fe₂ O₃) والذى يظهر فى صورة راسب بنى مائل الى الأحمرار ويزيد من خطورة ترسيب أكسيد الحديدك تواجد بكتريا الحديد و بالمثل فى حالة وجود كبريتيد الهيدروجين والأحياء المختزلة للكبريتات (جدول رقم ٤). كذلك عدم العناية أثناء تركيب شبكة الري بالتنقيط أو اصلاحها تتسبب فى ادخال حبيبات التربه وكذلك شظايا البلاستيك الى داخل الخراطيم ويتسبب عن ذلك انسداد المنقطات كذلك عدم رفع نهاية خط التنقيط عن سطح الأرض يؤدى الى شفط محلول التربه (الروبه) عند فتح طبة الغسيل وخروج ما بها من المياه. كذلك استخدام بعض الأسمدة فينتج عن المواد المغلفه لها (للحبيبات) شوائب كيميائية تسبب الانسداد كما أن بعض الأسمدة تتفاعل مع مكونات المياه مما ينتج عنها رواسب كيميائية تسبب الانسداد. كذلك تؤدى بعض الأسمدة الى رفع رقم الحموضه pH فيزيد ترسيب الكربونات (كربونات الكالسيوم). كذلك حدوث الصدأ للحديد الداخل فى مكونات وحدة التحكم مما يسبب فى انسداد المنقطات كذلك فدرجات الحرارة العاليه وارتفاع رقم الحموضه pH لمياه الري عن ٨ تزيد من عمليات الترسيب الكيميائيه. وفي عملية خلط الأسمدة ببعضها يجب أن نلاحظ أن الكالسيوم يترسب فى حالة مزجه بالفوسفات. ويمكن تقسيم المياه حسب درجة خطورتها فى عملية الانسداد. كما فى الجدول رقم (٥).

جدول (٤) العوامل الأساسية التي تسبب انسداد شبكة الري بالتنقيط

المكونات الطبيعية (المواد الصلبة العالقة)	المكونات الكيميائية (عمليات الترسيب)	المكونات البيولوجية (بكتيريا - طحالب ..)
١- عضوية نباتات مائية (طحالب) حيوانات مائية بكتيريا ٢- غير عضوية رمل رمل سلت طين شظايا بلاستيك	١- كربونات الكالسيوم أو المغنيسيوم ٢- كبريتات الكالسيوم ٣- هيدروكسيدات العناصر الثقيلة واكسيداتها وكربوناتها وسليكاتها وكبريتاتها ٤- الزيوت والشحوم ٥- الأسمدة الفوسفاتية الأمونيا الحديد- الزنك- النحاس- المنجنيز	١- كائنات خيطية ٢- كائنات مخاطية ٣- التحلل الميكروبي أ- حديد ب- كبريت ج- منجنيز

جدول (٥) نظام تقسيم المياه حسب خطورتها في انسداد المنقطات

عوامل الانسداد	خطورة الانسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
- طبيعية (المواد الصلبة العالقة) مجم/لتر - كيميائية درجة الحموضة pH مواد صلبة ذائبة مجم/لتر (جرام/م ^٣) منجنيز (مجم/لتر) حديد (مجم/لتر) كبريتيد الهيدروجين (مجم/لتر) - بيولوجية أقصى عدد للبكتيريا في مل (بكتيريا/سم ^٣)	> ٥٠ > ٧ > ٥٠٠ > ١ر > ٢ر > ٢ر > ١٠٠٠٠	١٠٠-٥٠ ٨-٧ ٢٠٠٠-٥٠٠ ١ر-٠١ر ١ر-٠٢ر ٢-٠٢ر -١٠٠٠٠ ٥٠٠٠٠	< ١٠٠ < ٨ < ٢٠٠٠ < ١ر < ١ر < ٢ < ٥٠٠٠٠

نوعية الأسمدة ومشاكل الانسداد :

تعتبر نوعية الأسمدة المضافة من خلال مياه الري من العوامل الهامة التي تؤثر على عمليات الترسيب الكيميائي والطبيعي داخل شبكة الري بالتنقيط وذلك لما تحتويه من شوائب صلبة غير ذائبة ويتوقف ذلك على نوعية السماد المستخدم من حيث درجة ذوبانه وتأثيره على رقم pH وقابليته للتفاعل والترسيب مع الأسمدة الأخرى. وبصفة عامة يفضل استخدام الأسمدة كاملة الذوبان في الماء للحقن من خلال مياه الري. ومن مشاكل حقن الأسمدة الكيميائية في شبكة الري بالتنقيط مايلي:-

يمكن للفوسفور الموجود في الأسمدة الفوسفاتية أن يتفاعل مع الكالسيوم الموجود في ماء الري لتكوين فوسفات كالسيوم غير ذائبة وترسب مسببة انسداد النقاطات. ولذلك يفضل استخدام حمض الفوسفوريك كمصدر أساسي للفوسفور من خلال الحقن في شبكة الري بالتنقيط بمعدل ٠,٢٠ - ٣,٠ لتر لكل ١ م^٣ من مياه الري مرة كل ٢-٣ أسابيع.

عند حقن الأسمدة الأزوتية في شبكة التنقيط وعدم أتمام عملية الغسيل تنمو الكائنات الحية الدقيقة علي نيتروجين الأسمدة المتبقية في الشبكة في خلال الفترة بين الريات ويمكن تلافي هذه المشكلة بدفع الماء في الشبكة بعد عملية التسميد فتغسل بقايا الأسمدة النيتروجينية في الشبكة كما تعمل خرطوم الشبكة السوداء علي حجب الضوء فيمنع نمو بعض الكائنات الدقيقة في الشبكة.

يجب أذابة الأسمدة جيدا قبل حقنها في الشبكة وقد يستخدم حامض النيتريك لزيادة درجة ذوبان بعض الأسمدة الصعبة الذوبان مثل سلفات البوتاسيوم حيث يوضع عليها بعد أذابتها في الماء حمض نيتريك بمعدل ٠,١٠ لتر لكل ٢٠٠ لتر من المياه المستخدمة لتحضير رائق أسمدة سلفات البوتاسيوم.

يجب ألا يتعدى تركيز السماد في ماء الري ١ كجم سماد / ٣ م^٣ مياه ري وذلك حتي لا يتسبب في زيادة الملوحة في ماء الري وما يتبعها من أضرار للنبات

والجدول التالي يوضح درجة ذوبان بعض الأسمدة التجارية في مياه ري جيدة النوعية :

نسبة المادة الفعالة في السماد التجاري	درجة الذوبان كجم/تر	السماد التجاري	نترات الامونيوم (نترات النوشادر)
بوتاسيوم K_2O	فوسفور P_2O_5	نيتروجين N	
--	--	٣٣-٥٠	١,١٨٠
--	--	٣٤	٠,٧٠٠
--	--	٢١	١,٣٥٠
--	--	١٥-٥٠	٠,٤٢٠
--	٥٤	٢١	٠,٢٣٠
--	٤٨	١١	٠,٧٣٠
--	--	١٦	٠,١٤٠
٤٦-٤٤	--	١٤-١٢	٠,٠٢٠
--	٢٠-١٦	--	٠,٠٤٠
--	٤٦	--	٠,٨٠٠
--	--	٤٦-٤٥	٠,١٢٠
٤٨	٦٨-٥٠	--	٠,١٢٠
			١٥,٦

٣ - رفع كفاءة التسميد وتقليل فقد الأسمدة بغسيلها تحت منطقة الجذور

٤ - توفير الوقت والعمالة.

٥ - زيادة الإنتاج كما ونوعاً.

٦ - تناسب جميع أنواع نظم الري والمحاصيل المختلفة.

أولاً: باستخدام جهاز فينشوري : Venturi

مميزاته فهو سهل و رخيص نسبياً ولا يحتاج الى مصدر قدره خارجي و الحقن يتم بتركيز ثابت مع إمكانية التحكم في معدل الحقن وسهولة معايرته عن طريق محابس دخول المياه اليه وخروجها منه مع الأسمدة. أما عيوبه فتكمن في وجود ضغط كافي لتشغيله حيث يفقد حوالي ٢٠% من ضغط التشغيل. وفي حالة عدم وجود الضغط

ومشاكل ترسيب هذه الأملاح خلال شبكة الري والشائع استخدامه هو ٠,٢٥.

٠,٥٠ كجم سماد / م^٣ مياه ري.

درجة ذوبان بعض الأسمدة

يجب استخدام الأسمدة سهلة الذوبان في المياه عند حقنها في شبكة التنقيط. والجدول يوضح معدل ذوبان بعض الأسمدة مع ملاحظة أن أسمدة السوبر فوسفات الأحادي والثلاثي منخفضة الذوبان ولا يجب إضافتها من خلال مياه الري.

اختبار السماد أو الكيماوى قبل الحقن :

نحضر زجاجة فارغة نظيفة وتملئ بالماء من المصدر المستخدم للري ونضع بها كمية صغيرة من السماد بحيث يكون التركيز أكبر من التركيز المستعمل في الري ونتركها لمدة ٢٤ ساعة ثم نشاهد إذا حدثت ترسيبات في قاع الزجاجة أو رغاوى على السطح فإذا حدث ذلك فإنه ينصح بعدم استعمال هذه المواد للحقن في الشبكة.

أجهزة حقن الأسمدة والكيماويات في شبكة الري:

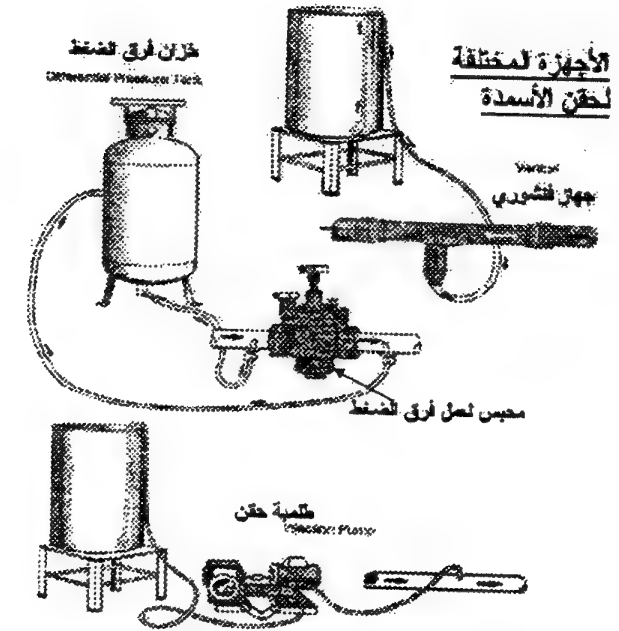
تعريف حقن الأسمدة خلال الري Fertigation : هو إضافة الأسمدة Fertilizers خلال الري Irrigation في عملية واحدة تسمى Fertigation. أما إذا أضيفت كيماويات أخرى غير الأسمدة Chemicals كالمبيدات تسمى هذه العملية Chemigation أي إضافة الكيماويات خلال الري. وعملية حقن الأسمدة خلال الري تجمع بين عاملين أساسيين لنمو النبات هما الماء والغذاء. وعلى ذلك فإعطاء النسب الصحيحة لهذين العاملين يعتبر مفتاح الإنتاجية العالية كما ونوعاً.

مميزات حقن الأسمدة مع مياه الري

١- تجانس توزيع الأسمدة على المساحة المروية Uniform application

٢- يمكن إضافة الأسمدة بالكمية والتركيز المطلوبين لتلبية الاحتياجات النباتية اليومية وطبقاً لحالت الجو.

اللازم للتشغيل يلزم تركيب مطلبة كهربية قدرتها حوالي نصف حصان علي التوالي مع الجهاز.

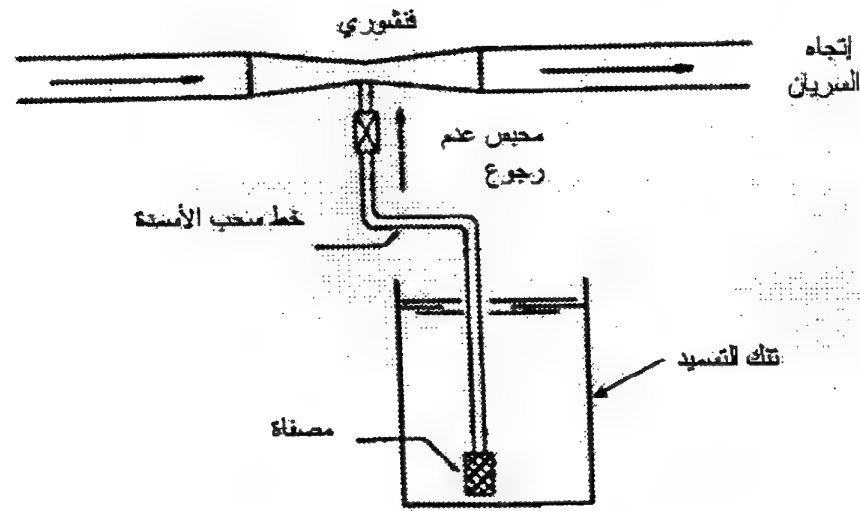


ثانيا : خزان فرق الضغط : Differential Pressure Tank

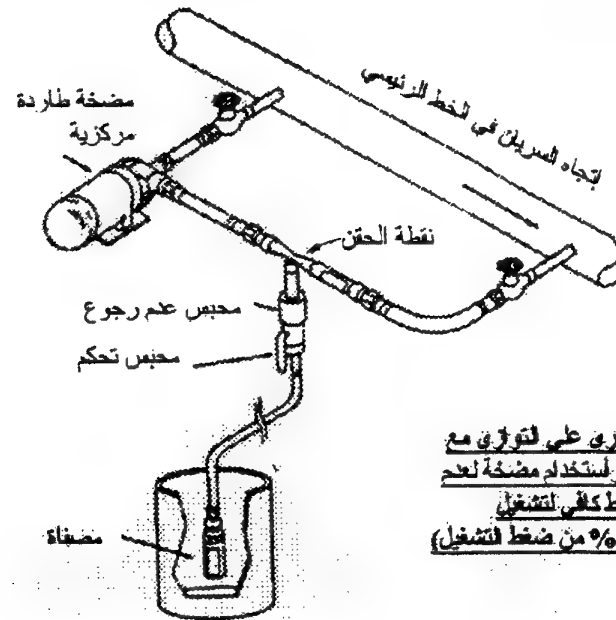
مميزاته : سهل الاستخدام وفعال

عيوبه: تركيز الكيماويات غير ثابت إذ يقل بمرور الزمن ولذا يصعب استخدامه في شبكة تتكون من عدة قطع تروى على التعاقب. وعند استخدام السمادة في تسميد عدة قطع يراعي زيادة زمن الحقن للقطع التالية وذلك لانخفاض التركيز مع الزمن أو عكس اتجاه تسميد القطع في الريات التالية.

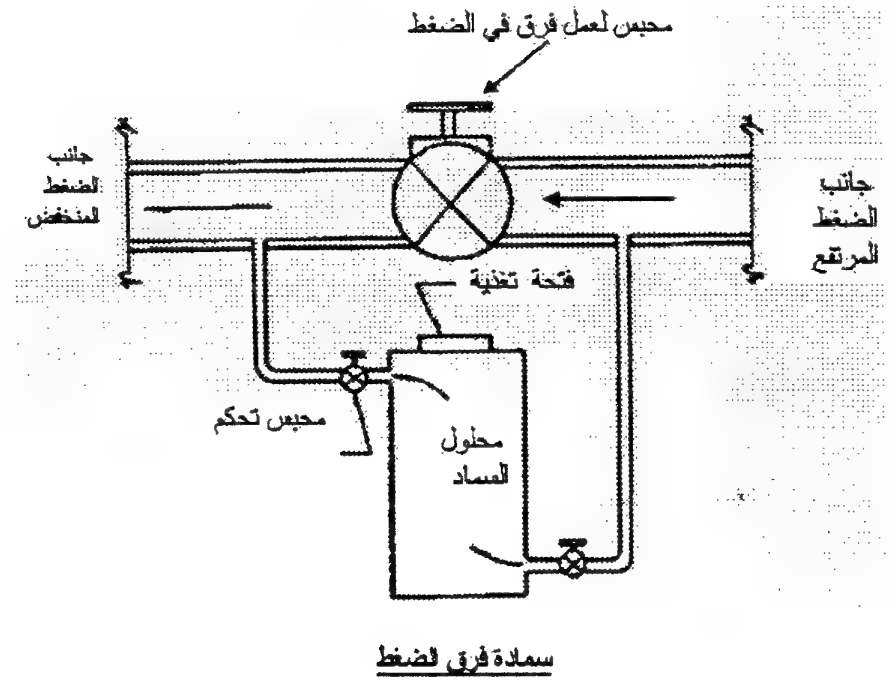
يتم تفريغ السماد من السمادة بعد مرور أربعة أمثال حجمها من المياه.



رسم تخطيطي لجهاز فقشوري لحقن الأسمدة خلال شبكة الري



توصيل فقشوري علي التوالي مع الخط الرئيسي واستخدام مضخة لعدم وجود فرق ضغط كافي لتشغيل فقشوري (٢٠% من ضغط التشغيل)



٣- استخدام طلمبة حقن : Injection Pump

مميزاتها: يمكن التحكم في تنظيم معدل الحقن وبتركيز ثابت
عيوبها: تحتاج الى مصدر قدرة خارجي ومكلفة وتحتاج الى صيانه
أكثر من الطرق الأخرى.

حسابات حقن الكيماويات في مياه الري :

إذا كان المطلوب حقن الكيماويات من خلال شبكة الري
Chemigation أو حقن الأسمدة مع مياه الري Fertigation فيجب أولاً
معايرة جهاز الحقن فإذا كان الجهاز هو جهاز الفنشوري على سبيل المثال
فيجب معرفة معدل الحقن عند ضبط الجهاز عند وضع معين وقبل أن تتم
عملية الحقن وذلك بتحديد الزمن اللازم لتفريغ تانك التسميد المعلوم الحجم.
وبقسمة حجم التانك على زمن التفريغ ينتج معدل الحقن باللتر/ساعة. ويمكن
حساب معدل الحقن المطلوب لتسميد مساحة معينة من المعادلة الآتية :

$$q_F = \frac{F_r \cdot A}{T_i \cdot T_r \cdot F_c}$$

حيث :

q_F = معدل حقن الأسمدة (لتر/ساعة).
 F_r = معدل التسميد المطلوب (بالكجم/فدان).
 A = المساحة المطلوب تسميدها بالفدان
 F_c = تركيز السماد بالكجم/لتر
 T_i = زمن الري بالساعات
 T_r = نسبة زمن التسميد الى زمن الري ، ويجب أن تكون حوالي ٥٠%
على أساس أن يبدأ دفع الأسمدة في شبكة الري بعد مرور
حوالي ٢٥% من زمن الري وينتهي دفع الأسمدة قبل ٢٥% من
انتهاء زمن الري. ويرجع السبب في ذلك الى إعطاء فرصة في
بداية الري للمياه للوصول الى نهاية الخطوط وأنظمة توزيعها، أما في نهاية
الري فيرجع سبب إيقاف الحقن الى إعطاء فرصة لغسل الخطوط من بقايا
الأسمدة.

أما إذا كان المطلوب حساب سعة تانك التسميد المطلوبة فإنه يحسب كالاتي :

$$V = \frac{F_r \cdot A}{F_c}$$

حيث :

V = سعة تانك التسميد باللتر

أما كمية السماد التجاري المطلوب إضافتها الى تانك التسميد فإنها تحسب كالاتي:

$$x = F_c \cdot V$$

حيث :

x = كمية السماد التجاري بالكجم

أما معدل الحقن المطلوب للحصول على تركيز معين للسماذ في مياه الري فيحسب كالآتي:

$$Q \cdot \frac{PPm}{C \cdot 10^6} = q_F \cdot F_c$$

ويمكن وضع المعادلة السابقة في صورة أخرى للحصول على كمية السماذ التجارى المطلوب إضافته الى تلك التسميد للحصول على تركيز معين من السماذ في مياه الري:

$$X = \frac{V}{C} \cdot \frac{Q}{q_F} \cdot \frac{PPm}{10^6}$$

حيث:

C = نسبة المادة الفعالة أو عنصر السماذ في السماذ التجارى.

PPm = التركيز المطلوب للسماذ في مياه الري بالجزء في المليون.

والجزء في المليون = جرام/م³ = مللى جرام/لتر.

مثال:

نظام ري بالتنقيط تصرف المضخة فيه ٣٥ لتر/ث (١٢٦٠٠٠ لتر/س) ومعدل الحقن ١٢٠ لتر/س - وكان السماذ المستعمل هو اليوريا (٤٦% أزوت) وسعة تانك التسميد ٢٠٠ لتر.

أحسب كمية اليوريا بالكجم المطلوب إضافتها في تانك التسميد للحصول على تركيز ٨٠ جزء في المليون من السماذ في مياه الري.

الحل:

$$X = \frac{V}{C} \cdot \frac{Q}{q_F} \cdot \frac{PPm}{10^6}$$

$$X = \frac{200}{0.46} \cdot \frac{12600}{120} \cdot \frac{80}{10^6}$$

$$X = 36.5 \text{ kg.}$$

مثال على خلط الأسمدة

السماذ المستخدم سلفات نوتشادر ٢٠,٥ % أزوت (N-20.5%)

نترات بوتاسيوم (N- 13% + K₂O - 46%)

حلمض فوسفوريك (P₂O₅-61%) وكثافة الحامض ١,٦٨ جم/سم^٣

والمطلوب الحقن في مياه الري بالتركيزات التالية

$$N = 100 \text{ ppm}$$

$$P_2O_5 = 50 \text{ ppm}$$

$$K_2O = 120 \text{ ppm}$$

الحل

معدل حقن نترات البوتاسيوم = $0.46 \div 120 = 0.00383$ جم نترات البوتاسيوم / م^٣ ماء

وهذا يحتوي على $0.13 \times 261 = 34$ جم نيتروجين

معدل حقن النيتروجين = $100 - 34 = 66$ جم نيتروجين

وبالتالى يكون معدل حقن سلفات النوتشادر = $0.205 \div 66 = 0.00311$ جم / م^٣

معدل حقن حامض الفوسفوريك = $0.61 \div 50 = 0.0122$ جم

$$1.68 \div 81 = 0.02074 \text{ سم}^3 / \text{م}^3$$

أجهزة الترشيح والفلاتر :

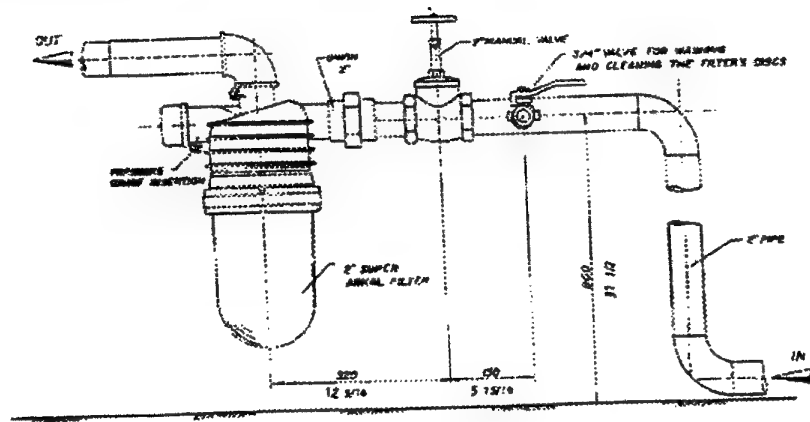
أنواع أجهزة الترشيح

١- الفلترالدوامى الفاصل للرمال Centrifugal separator

يستخدم في فصل الرمال والشوائب الأثقل من المياه والتي مقاسها أكبر من

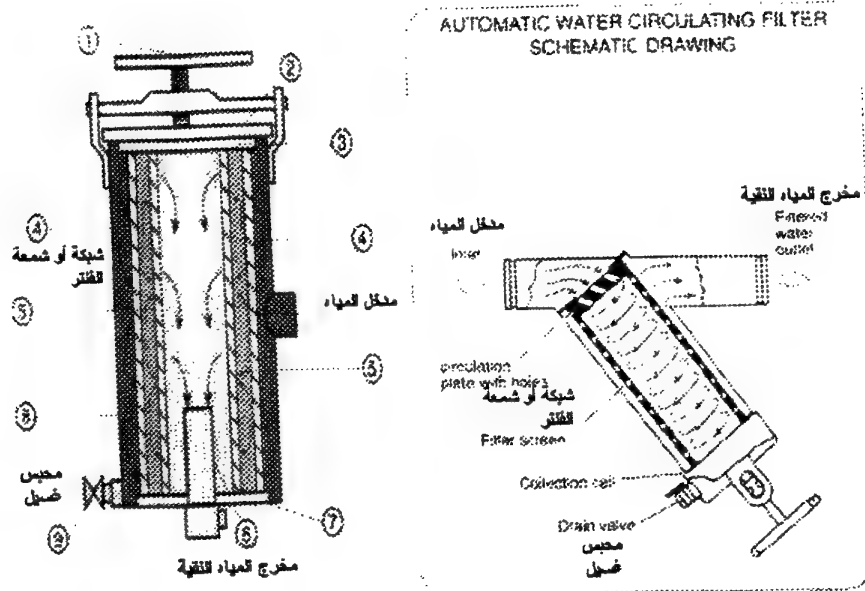
٧٤ ميكرون وهو لا يزيل الشوائب العضوية والفاقد من الضغط خلاله مرتفع ويصل

الى ٠.٧ - ٠.٩ بار

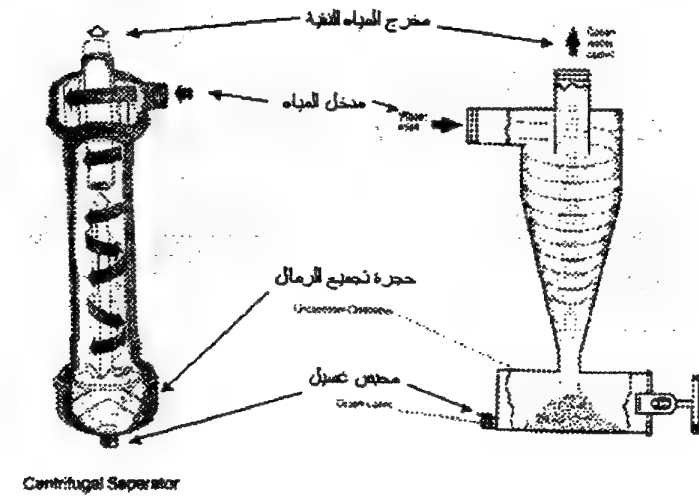


طريقة النمطية لتوصيل الفلتر لشبكي أو القرصي بخط الري

للمر ARAL FILTRATION SYSTEM



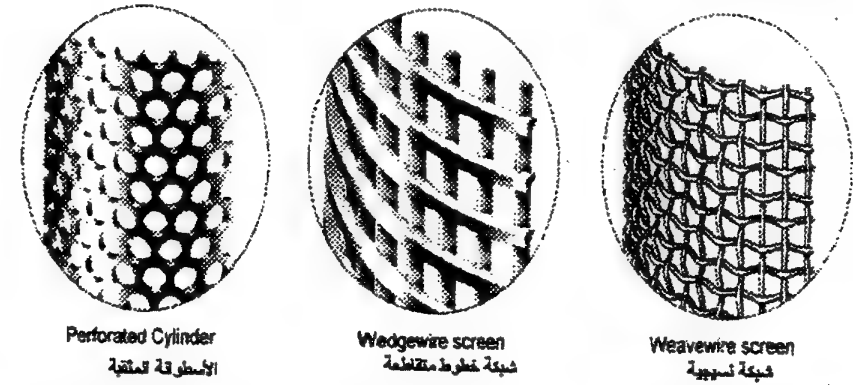
فلتر شبكي



لفلتر الدوامي لفصل للرمال أو الهيدروسيكلون

٢. الفلتر الشبكي Screen Filter

يجب أن تحتوي شبكة الري بالتنقيط على الأقل على فلتر شبكي واحد ومقاس الفتحات في الشبكة يجب أن تكون من $1/10$ - $1/7$ من فتحة المنقطات المستعملة ويستخدم غالبا كفلتر ابتدائي لمياه الابار وقد يستخدم بعد فلتر الوسط الرملي ليحجز الشوائب في حالة عطل الفلتر الرملي أو هروب بعض الشوائب منه. وهو يزيل الرواسب الغير عضوية مثل الرمل والملت وتتراوح الفتحات المكونة له من 74 ميكرون إلى 840 ميكرون.



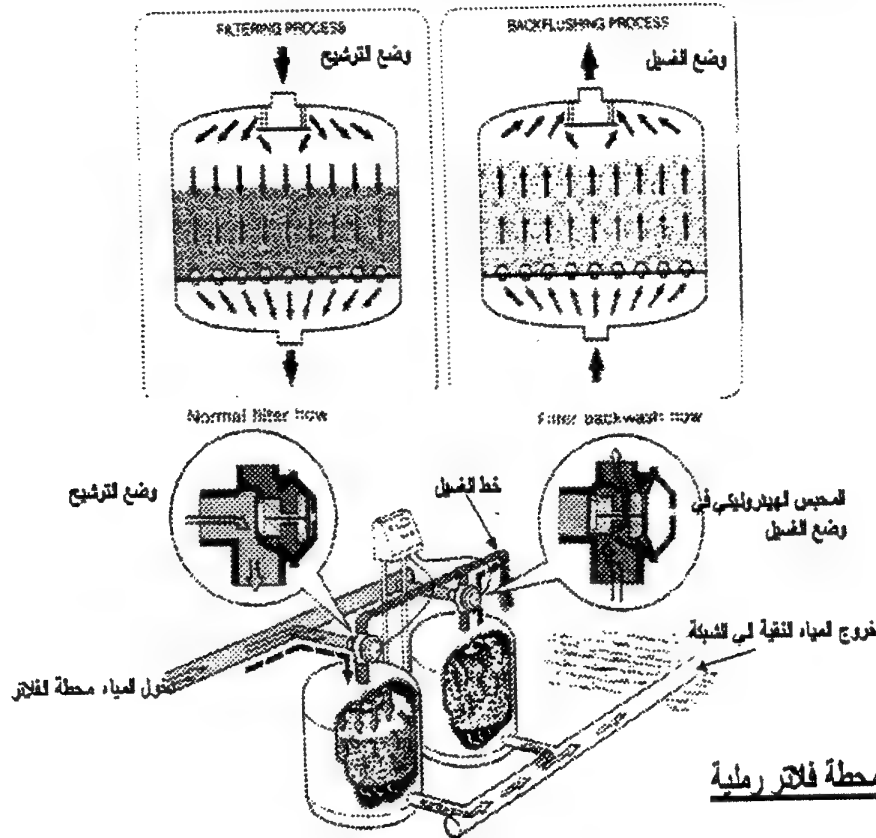
Standard filtration degrees

الأنواع المختلفة لشبكات الفلتر

Cleaning method	Stainless steel brushes							Suction scanner							
Screen type	Perforated cyl.							Weavewire Screen							
micron	3500	2500	1900	800	500	300	200	500	300	200	130	100	80	50	25
mm	3.5	2.5	1.9	0.8	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.13	0.1	0.08	0.05	0.02
mesh	4	6	10	20	30	50	75	30	50	75	120	155	200	300	600

٣- فلتر الوسط الرملی Sand Media Filter

يستخدم للمياه السطحية في الترع والخزانات والتي تحتوي على شوائب عضوية وأيضاً تحجز الرمال. كلما قل التصريف وقل مقاس الرمال المستعملة كلما زادت كفاءة الفلتر وكلما قل مقاس الرمال كلما زاد الفقد في الضغط خلال الفلتر. وتتدخل المياه الفلتر من أعلى وذلك أثناء وضع الترشيح وعند غسيل الفلتر من الشوائب المتركة داخله يتم عكس اتجاه السريان كما في الشكل لتحمل المياه معها الشوائب إلى خارج الفلتر وغالباً ما يستخدم محبس هيدروليكي ثلاثي الاتجاه للقيام بعملية الغسيل. وتتم عملية الغسيل بطريقتين: الأولى على أساس الزمن كان يتم الغسيل لمدة ٣ دقائق كل ٣ ساعات، والثانية على أساس الفاقد في الضغط خلال مرور المياه عبر الفلتر، فإذا بلغ الفاقد في الضغط عبر الفلتر حد معين ٠,٧ بار مثلاً تبدأ عملية الغسيل.



محطة فلتر رملية

ويعرف الفلتر الرملی بقطر التنك بالبوصة، فإذا قيل فلتر ٣٦ فمعني ذلك أن قطر التنك ٣٦ بوصة. والجدول التالي يوضح بعض مواصفات الفلاتر الرملية الشائعة الاستخدام

Φ inches	A_F (m^2)	F m^3/hr	F_B m^3/hr	T_{Bmin} (minu tes)	T_{Bmax} (minu tes)
20	0.2	14	4.2	2	5
36	0.6	44	13	2	5
48	0.96	69	2.1	2	5

حيث Φ قطر الفلتر بالبوصة

F_B تصريف مياه الغسيل م^٣/س Back flushing flow

T_B زمن الغسيل بالدقيقة Back flushing Time

F أقصى تصريف يمر خلال الفلتر أثناء الترشيح م^٣/س

A_F مساحة الترشيح للفلتر م٢

وتحسب المساحة الترشيحية للفلتر بدلالة قطر الفلتر ولناخذ مثال لحساب المساحة الترشيحية للفلتر ٣٦ بوصة كما يلي

$$A_F = \left(\frac{36 \times 2.5}{100} \right)^2 \frac{\pi}{4} = 0.6 m^2$$

ويحسب أقصى تصرف F للفلتر علي أساس ٧٢ م٣/س لكل متر مربع من المساحة الترشيحية للفلتر كما يلي

$$F = A_F \times 72$$

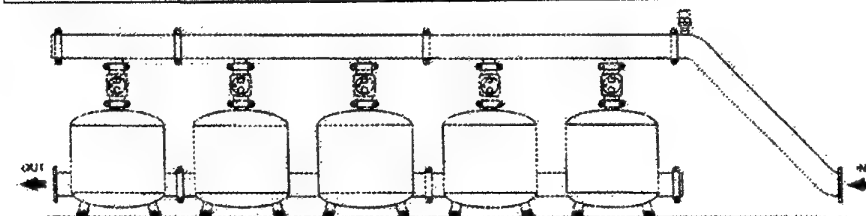
كما يتم حساب تصرف الغسيل علي أساس ٣٠% من أقصى تصرف للفلتر أثناء الترشيح كما يلي

$$F_B = F \times 0.30$$

وبصفة عامة يتراوح تصرف الفلتر بين ٤٢ - ٧٢ م٣/س لكل م٢ من مساحة الترشيح وذلك حسب نوعية المياه بمتوسط ٦٠ م٣/س . ويتم تغيير رمال الفلتر كل سنتين ويتم غسيل الفلتر بمرور المياه في الاتجاه العكسي كل ٣ ساعات تشغيل وذلك حسب نوعية المياه.

المواصفات الفنية لبعض الفلاتر الرملية المتوافرة في الأسواق

الصفة	قطر الفلتر (بوصة)			
	48	36	20	16
مساحة الترشيح (م٢)	1.162	0.651	0.200	0.130
أقصى ضغط (بار)	8.2	8.2	8.2	8.2
وزن الميديا (كجم)	591	355	114	77



محطة فلاتر رملية تتكون من ١٠ فلاتر مرتبة في صفين

التصرف المار في الفلتر م٣/س للحصول علي درجة ترشيح معينة
مقاس رمال السليكا المستخدمة

مقاس رمال السليكا	رقم المش	م٣/س م٢	١٦ بوصة	٢٠ بوصة	٣٦ بوصة	٤٨ بوصة
1.2 - 1.4 mm	140	73	8	12	40	71
0.8 - 1 mm	180	61	6	10	32	57
0.5 - 0.7 mm	220	49	5	7	24	43

يراعي تخفيض التصرف بنسبة ٢٠% dirty في حالة استخدام مياه ذات نوعية رديئة

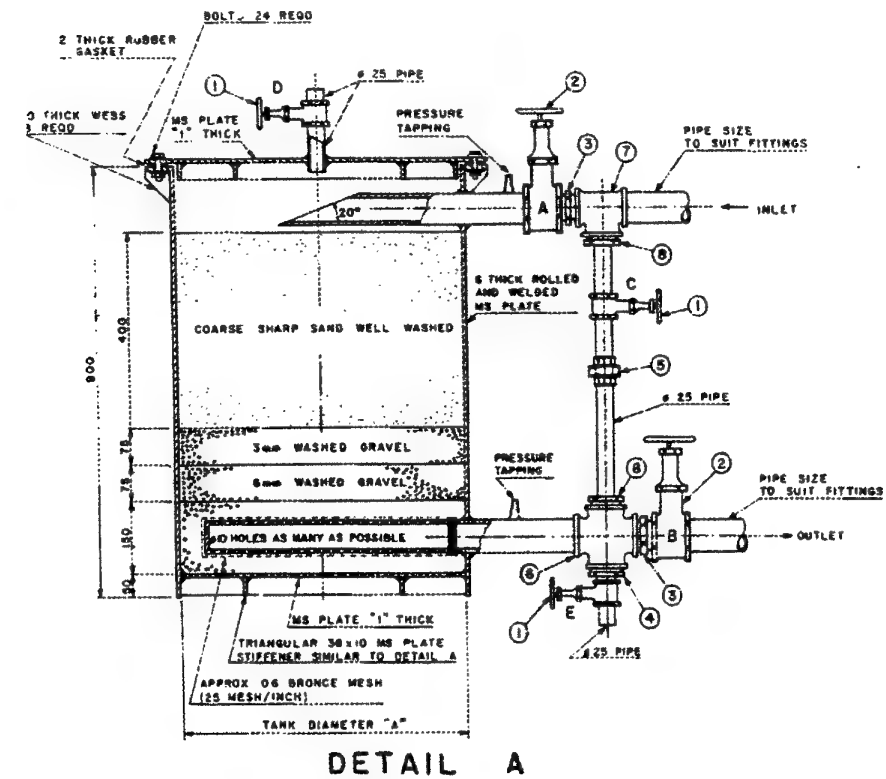
تصرف محطات الفلاتر المختلفة م٣/س

المحطة	١٦ بوصة	٢٠ بوصة	٣٦ بوصة	٤٨ بوصة
2 units	13 - 19	18 - 27	64 - 95	114 - 170
3 units	19 - 29	27 - 41	95 - 143	170 - 256
4 units			127 - 191	227 - 341
5 units			159 - 239	284 - 415
6 units			191 - 286	341 - 511
8 units				455 - 682
10 units				567 - 852
12 units				682 - 1023

٤ - فلتر الوسط الرملي المحلي

تصميم لفلتر رملي يمكن تصنيعه محليا - المصدر كتاب الفاو رقم ٣٦

FAO Irrigation and Drainage Papers # 36. Localized Irrigation. 1980. page 199.



DETAIL A

TANK "A"	FLOW	MIN PLATE THICKNESS	BOLT #	BOLT HOLE #	DESCRIPTION	GATE VALVE	GATE VALVE	NIPPLE	NIPPLE	UNION	CROSS	TEE	BUSH
(mm)	(l/sec)	(mm)	(mm)	(mm)	ITEM NUMBER	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
					NUMBER REQD	3	2	2	1	1	1	1	2
400	5	8	M10	12	NOMINAL SIZE (mm)	25	25	25	25	25	25	25	NIL
450	7.5	8	M10	12		25	32	32	32x25	25	32	32	32x25
500	10	10	M12	15		25	38	38	38x25	25	38	38	38x25
600	12.5	10	M12	15		25	50	50	50x25	25	50	50	50x25

SCHEDULE

تصميم لفلتر رملي يمكن تصنيعه محليا - المصدر كتاب الفاو رقم ٣٦

FAO Irrigation and Drainage Papers # 36. Localized Irrigation. 1980. page 199.

أحواض الترسيب Soling Basins :

تستخدم أحواض الترسيب في ترويق المياه وخاصة عندما تحتوي المياه على أحمال كبيرة من الشوائب العالقة والتي تشكل حملا زائدا على الفلاتر الرملية والشبكية. وأيضا قد تسبب تآكل لمروحة المضخة. وتستخدم أيضا أحواض الترسيب لإزالة الكبريتات الذائبة Soluble sulfides والمعادن الثقيلة Heavy Metals مثل الحديد والمنجنيز والتي تسبب انسداد المنقذات. وذلك باكسدتها وترسيبها حيث يمكن التخلص منها بالترشيح قبل دخولها خطوط التنقيط. وفي أحواض الترسيب قد تظهر بعض المشاكل مثل نمو الطحالب ولكن يمكن التغلب عليها باستمرار باستخدام المبيدات. وأيضا عندما تهب الرياح المحملة بالرمال فإن الرمال تترسب في الحوض.

الإجراءات اللازمة لتقليل أخطار الانسداد:

١- استخدام نظام متكامل من أحواض الترسيب والفلاتر الرملية والشبكية فأحواض الترسيب تخفض حمولة المياه من الرواسب ذات الأقطار الكبيرة أما الفلاتر الشبكية لا تستطيع استيعاب جزء من الرمال وكذلك السلت والطين ولا تستطيع استبعاد الطحالب. فالفلاتر الشبكية تتكون من شبك معدنية أو من النايلون ذات معينة (رقم مش معين Mesh No). أما الفلاتر الرملية فمادة الترشيح بها غالبا من السيليكا أو الجرانيت المجروش وتستخدم المرشحات الرملية استبعاد الحبيبات الأكبر من ٢٠ ميكرون. وحتى يكون الترشيح خلال المرشح الرملي ذات فاعلية فيجب ألا يتعدى تصرف المرشح ٦٠ م^٣/ساعة لكل متر مربع من مساحة الترشيح (٢٥ جالون في الدقيقة لكل قدم مربع) حيث يبلغ ٧٠ م^٣/س.م^٢ للمياه النظيفة ويتدرج إلى ٤٠ م^٣/س.م^٢ للمياه المحملة بالشوائب ذات النوعية الرديئة. هذا ويجب أن يكون قدرة المرشح الرملي والمرشح الشبكي مطابقا لنوع المنقط وجودة المياه. ويجب تنظيف المرشحات كلما تطلب الأمر وذلك يتضح من قراءة عدادات الضغط المركبة عند مداخل ومخارج المرشحات وذلك للحفاظ على سريان المياه خلال الشبكات وعدم رفع فاقد الضغط للمياه.

وفاقد الضغط الموصى به عندما يكون الفلتر نظيفاً قد يتراوح من ٣ إلى ٥ بار وعندما تقل نظافة الفلتر يزداد الفاقد في الضغط فقد يتراوح بين ٦ إلى ٨ بار أو حسب تعليمات التشغيل للشركة الصانعة ويجب فتح غطاء الفلتر الرملي شهرياً والتأكد من مستوى الوسط الرملي داخله عند العلامة المقررة له وإذا كان يحتاج إضافة أم لا ودرجة نظافته وكذلك يجب التأكد من عدم وجود تسرب مياه من وصلات الفلتر.

وإذا كانت جودة المياه قليلة يجب استخدام منقطات ذاتية الغسيل Self Flushing emitters حيث تتسع مخرجها عند الضغط القليل في بداية التشغيل وفي نهايته فتطرد الرواسب. وللإقلال من عملية الانسداد تركيب تجهيزات غسيل عند نهايات الخطوط الفرعية والمشعبات وحديثاً يتم تركيب خط مواسير تنتهي إليه كل نهايات خطوط التنقيط ليعمل كمجمع للرواسب ويزود في نهايته بمحبس غسيل لكي يتم توفير عمالة غسيل كل خط بمفرده بالإضافة إلى معادلة ضغط الخطوط.

٣- وللتغلب على الرواسب الكيماوية يضاف حمض الفوسفوريك أو النيتريك بمعدل يتراوح بين ٠,١ - ٠,٦ % لمدة ٥ - ١٥ دقيقة في نهاية الري للتخلص من رواسب الكربونات ورواسب الحديد، وهذا الحامض غير ضار بالتربة بل يستخدم كمصدر للتسميد بعنصر الفوسفور أو النيتروجين اللازم لتغذية النبات. ويعتمد زمن حقن الحامض على زمن وصول المياه من جهاز الحقن إلى أبعد نقطة في الشبكة حيث يتم إيقاف الري بعد ذلك لإعطاء فرصة للحامض في إذابة الرواسب التي يتم التخلص منها بغسيل الشبكة في اليوم التالي بفتح نهايات الخطوط.

٤- في حالة معالجة المياه الجوفية العسرة يضاف هيبوكلوريك الصوديوم حيث يقوم بترسيب الكالسيوم قبل دخول المياه الشبكة. ويمكن تهدية المياه وتسكينها لأكسدة أكسيد الحديدوز إلى أكسيد حديد وترسيبه قبل دخوله الشبكة.

٥- وللتغلب على المشاكل الناتجة عن الانسداد بالعوامل الحيوية بالإضافة إلى استعمال المرشحات الرملية تقوم بإضافة الكلور لمقاومة الطحالب بتركيز ٥ - ١ جزء في المليون باستمرار أو ٢٠ جزء في المليون لمدة ٢٠ دقيقة عند الصيانة. ولمقاومة بكتيريا الحديد يستعمل تركيز ١ جزء في المليون مضافاً إلى تركيز الحديد في مياه الري. ولمقاومة العوالق البكتيرية للزجة Slime يضاف تركيز ١ جزء في المليون لمياه الري.

٦- خراطيم خطوط التنقيط وكذلك المنقطات سوداء اللون حتى لا يتخللها الضوء وذلك للإقلال من نمو معظم الطحالب داخل الخراطيم والمنقطات.

٧- يجب قياس انتظام توزيع المياه عبر المنقطات من وقت لآخر ويجب ألا تقل كفاءة توزيع المياه E_u عن ٨٥% كذلك يجب ملاحظة المنقطات من وقت لآخر لتسليك المسدود أو إصلاح العيوب أو استبداله خصوصاً المنقطات المعوضه للضغط Pressure Compensating حيث يفقد غشاؤها المر مرورته مع الوقت بسبب ترسيبات الطين والملت والمواد الكيماوية.

٨- في حالة وجود فروق في مناسيب الأرض يجب استخدام منظمات الضغط عند القطع المختلفة لتوزيع الضغوط بالتساوي على جميع وحدات الشبكة كما يفضل استخدام منقطات معوضه للضغط أي ثابتة التصرف رغم اختلاف الضغط.

٩- الابتعاد عن استخدام الحديد وغيره من المعادن التي تصدأ أو التي تتفاعل مع مكونات الماء لينتج عنها رواسب تسبب الانسداد.

ضبط شبكة الري بالتنقيط لتلبية الاحتياجات المائية للمحصول

يمكن حساب الاستهلاك المائي للشجرة بالتر في اليوم كما يلي :-

$$\text{Liter / day} = ET_o \times K_c \times \frac{\pi}{4} D^2$$

حيث ET_o البخر نتح القياسي مم/يوم

K_c معامل المحصول

D قطر المساحة التي تظلها الشجرة وقت الظهيرة بالمتر المربع

لما زمن الري مقدرا بالساعة في اليوم فيحسب كما يلي :-

$$T_i = \frac{\text{Liter / day}}{n \times q \times E_a}$$

حيث n عدد النقاطات للشجرة الواحدة

q تصرف النقاط لتر/س

E_a كفاءة الري بالتنقيط

مثال :-

أحسب كمية المياه التي تستهلكها شجرة موالح تظل مساحه قطرها ٥ متر اذا كان معامل المحصول ٠,٧ والبخر نتح القياسي ٧ مم/يوم . أحسب أيضا زمن الري في اليوم اذا كان عدد النقاطات المستخدمة للشجرة الواحدة ٤ نقاطات وتصرف النقاط ٤ لتر/س وكفاءة نظام الري ٨٥%.

$$\text{Liter / day} = 7 \times 0.7 \times \frac{\pi}{4} (5)^2 = 96.2$$

$$T_i = \frac{47.14}{4 \times 4 \times 0.85} = 3.47 \approx 3.5 \text{ hrs}$$

في المثال السابق اذا كانت الأشجار تزرع علي مسافات ٥ × ٥ متر فإن الفدان يحتوي علي ٤٢٠٠ ÷ (٥ × ٥) = ١٦٨ شجرة ويكون الاستهلاك المائي للفدان يساوي ٩٦,٢ × ١٦٨ = ١٦١٦١,٦ لتر/فدان = ١٦,٢ م^٣ /فدان في اليوم وبذلك تكون الاحتياجات المائية لفدان الموالح علي أساس كفاءة ري ٨٥% تساوي ١٦,٢ ÷ ٠,٨٥ = ١٩ متر مكعب للفدان في اليوم مع ملاحظة أننا أهملنا الاحتياجات الغسيلية اللازمة لغسيل الأملاح من منطقة الجذور أما في حالة اعتبار الاحتياجات الغسيلية وعلي سبيل المثال اذا كانت الاحتياجات الغسيلية ١٢% فإن الاحتياجات المائية في هذه الحالة تزيد وتصبح

١٩ ÷ (١ - ٠,١٢) = ٢١,٦ م^٣ /فدان يوم وتكتب معادلة حساب زمن الري كما يلي :-

$$T_i = \frac{\text{Liter / day}}{n \times q \times E_a (1 - LR)}$$

ارشادات عامة لتشغيل وصيانة اجهزة الري بالتنقيط

بافتراض أنه تم التصميم الهندسي لنظام الري بالتنقيط لتصرف معين من المياه وكذا حسبت قدرة الطلمبه وأقطار شبكة المواسير والفلاتر والتصرف الناتج عن فتح أو قفل عدد معين من المحابس في وقت واحد ، اذا يجب على القائم بالتشغيل أن يلم بتوزيعة المحابس التي يلزم فتحها أو اغلاقها في كل وضع للري للحصول على أفضل النتائج من النظام كما يجب عليه معرفة كافة التفاصيل التي على لوحة التصميم.

أى أن القائم بالتشغيل يجب عليه أن يلم بكل أجزاء النظام ووظيفة كل جزء للتأكد من سلامة عملية التشغيل باستمرار ، فمثلا يجب الآتى :

١- يجب العناية عند تركيب الخطوط وذلك بالتخلص من الشوائب والأتربة ودفعها خارج المواسير والنظافة التامة أثناء عمليات اللصق أو التركيب.

٢- عند تجميع أجزاء شبكة الري مثل منظومات الضغط والفلاتر وأجهزة حقن الأسمدة.. الخ. يوجد سهم فى مكان ما على هذه الأجزاء يشير دائما الى اتجاه سريان المياه ولذا يجب مراعاة ذلك عند التركيب والتأكد من أن اتجاه السهم هو اتجاه سريان المياه من المضخة الى الخطوط.

٣- عند توصيل الوصلات ذات الأسنان يجب استخدام شريط تيفلون Teflon tape يلف حول الأسنان وذلك لمنع التسرب.

٤- يجب أن تظل محابس الهواء نظيفة حتى لا تسد فتحاتها وتعطل عملها.

٥- يجب تغيير الجوانات التالفة حتى تتجنب غمر المنطقة المحيطة لها بالمياه أو غمر منطقة الوصلات للكهربائية بجوار الطلمبة ولذا يجب على القائم بالتشغيل المرور في المزرعة قبل تشغيل النظام للكشف على المواسير المحطمة أو التالفة أو أنابيب المنقطات المقطعه لتجنب حدوث تلف للزراعات المحيطة أو تجريف التربة أو تبديد المياه.

٦- يراعى دائما ملئ شبكة الري بالماء تدريجيا حتى يسمح للهواء بالخروج من شبكة المواسير لتجنب حدوث صدمات مائية (طرق المياه) قد تتلف الشبكة.

٧- إذا لوحظ فقد في الضغط من خلال الفلتر بعد انتظام الضغط في النظام لأكثر من

٤٠ بار فلا بد من عمل غسيل للفلتر يدويا بالضغط على زر الغسيل اليدوى فى لوحة التشغيل مع ملاحظة معدل التصريف للغسيل كما هو مدون فى قائمة المواصفات للتأكد من الغسيل الجيد للفلتر وأن مياه الغسيل تحتوى على كمية ضئيلة من رمل الفلتر ومراعاة الكشف الشهري على مستوى الرمل داخل الفلتر حتى مكان العلامة المقررة.

٨- يتم غسيل خطوط المواسير الفرعية أثناء الري أسبوعيا على الأقل أو مرتين فى حالة زيادة نسبة العوالق ولمدة من ٢ - ٤ دقائق على أن يتم غسيل خط فرعى واحد فى كل حوشه فى نفس الوقت مع فتح المحبس تماما مع مراعاة أن يتم غسيل الخطوط الفرعية أولا ثم يعقبها خطوط التنقيط وليس العكس.

٩- يتم غسيل خطوط الخراطيم المركب عليها منقطات باستمرار كلما دعت الحاجة، حيث أن هذه الخطوط هى نهاية المطاف لمياه الري فإنها

تستقبل كمية كبيرة من حبيبات الطمي الدقيقة والتي تمر من خلال الفلاتر وترتكز فى تلك الخطوط وخاصة فى آخر خط فى كل حوشه وفى الثلث الأخير من كل خط وعليه يجب توالى عمليات الغسيل مرتين فى الشهر بفارق حوالى أسبوعين ويتم ذلك بفتح طبات النهاية لعدد لا يزيد عن ٥ - ١٠ طبات فى الوقت الواحد لضمان غسيل جيد لخطوط البولى ايثيلين والاستمرار فى الغسيل حتى تصبح المياه نظيفة . ويجب عدم فتح طبات النهاية مرة واحدة لكل الخطوط لأن ذلك سيضعف عملية الغسيل وكذا عدم غسيل الخط الفرعى وخطوط المنقطات فى نفس الوقت حتى لا يقلل من سرعة المياه التى تقوم بعملية الغسيل.

تقييم نظم الري بالتنقيط

Drip Irrigation Evaluation

تقييم نظم الري هو تحليل للنظام ويعتمد على القياسات التي تتم في الحقل تحت الظروف والممارسات التي تستخدم عادة. ويهدف تقييم النظام الى الآتى :

- ١- تحديد كفاءة النظام كما هو بحالته الراهنة
- ٢- تحديد كيفية تشغيل النظام بكفاءة وامكانية تحسينه.
- ٣- الحصول على معلومات تساعد في تصميم أنظمة أخرى.
- ٤- الحصول على معلومات تفيد في مقارنة طرق ونظم مختلفة وطرق تشغيل مختلفة كأساس لاتخاذ قرارات اقتصادية سليمة.

وتتم عملية التقييم في الحقل حسب الخطوات الآتية:

- ١- اختيار قطعة على الخط الرئيسى لها محبس مستقل يمثل الضغط فيها الحالة المتوسطة لمختلف القطع المكونة للنظام.
- ٢- عين ٤ خطوط تنقيط على الخط تحت الرئيسى بحيث يكون خط التنقيط الأول في بداية القطعة وخط التنقيط الثانى يقع في الثلث الاول من المسافة على خط المشعب وخط التنقيط الثالث عند ثلثي المسافة وخط التنقيط الرابع عند نهاية خط المشعب.
- ٣- يتم قياس الضغوط عند بداية خط التنقيط ونهايته وذلك للأربعة خطوط المختارة سابقا.
- ٤- على كل خط تنقيط اختيار منقطين متجاورين في أربعة مواقع على خط التنقيط هي: البداية - الثلث الاول من الخط - الثلث الثانى من الخط - نهاية الخط.

- ٥- يتم قياس تصرف المنقطات المختارة سابقا وذلك بتجميع المياه في مخبر مدرج لزمن ١ أو ٢ أو ٣ دقائق وذلك لتجميع حجم يتراوح من ١٠٠ الى ٢٥٠ مل (سم ٣) لكل منقط.
- ٦- تكون هذه القياسات في جدول للبيانات.
- ٧- احسب التصرف المتوسط لكل منقطين متجاورين.
- ٨- احسب متوسط أقل ٤ تصرفات بين كل التصرفات المحسوبة وعددها ١٦ تصرف.
- ٩- احسب المتوسط العام لكل التصرفات (١٦ تصرف).
- ١٠- احسب معامل انتظام توزيع المياه المنبعثة من المنقطات :

$$\text{معامل الانتظام } E_u = \frac{\text{متوسط أقل اربعة تصرفات}}{100 \times \text{المتوسط العام لتصرف المنقطات}}$$

- ١١- تحسب كفاءة إضافة المياه E_a بضرب معامل الانتظام في نسبة تقريبية وهي ٠.٩ على أساس أن الفاقد في التسرب العميق والبخر والفواقد في الجريان السطحي قليلة ولا تتعدى ١٠%.

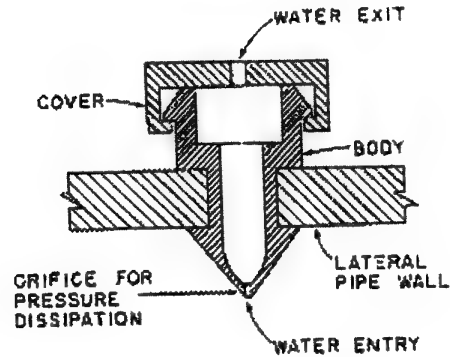
تصميم نظم الري بالتنقيط

Trickle Irrigation Systems Design

معادلات تصميم النقاطات

Orifice emitters

١- النقاطات ذات الفتحة الضيقة



يصنف السريان فى المنقطات ذات الفتحات الضيقة بأنه سريان كامل الاضطراب fully turbulent flow وتكون المعادلة على الصورة التالية:

$$q = C_o A \sqrt{2gh}$$

وبكتابة المعادلة مع مراعاة الوحدات

$$q = 3.6 C_o A \sqrt{2gh}$$

$$q = 7.51 d^2 \sqrt{h}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

A : مساحة فتحة النقاط مم^٢. d : قطر الفتحة مم

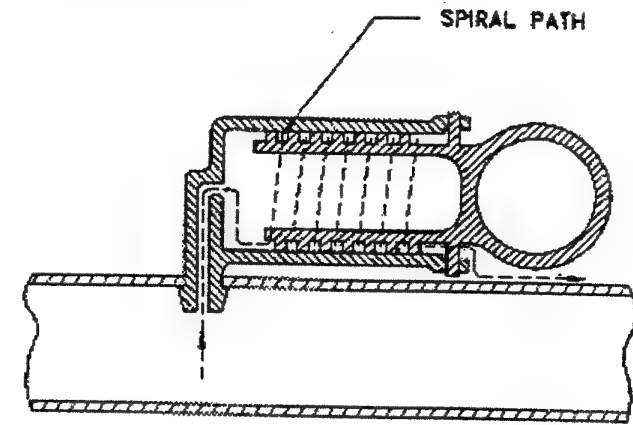
C_o : معامل الفتحة ويساوى $C_o = 0.6$.

g : عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 م/ث^٢.

h : ضاغط تشغيل النقاط متر.

Long-path emitters

٢- النقاط ذات المسار الطويل



قد يصنف السريان داخل النقاطات ذات المسار الطويل بأنه رقائقي أو

اضطرابي ويكتابة معادلة دارسي وايزباك

$$H = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

وبالتعويض عن السرعة $v = \frac{q}{A}$

$$q = A \sqrt{2g \frac{HD}{fL}}$$

بمراعاة الوحدات

$$q = 0.11384 A \left(2g \frac{HD}{fL} \right)^{0.5}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

A : مساحة مقطع مسار السريان (مم^٢).

L : طول مسار المياه داخل النقاط (متر)

H : ضاغط تشغيل النقاط (متر).

D : قطر مسار النقاط (مم)

أما قيمة f معامل الاحتكاك فيعتمد على رقم رينولدز Re حيث أن رقم

رينولدز يساوى فى حالة سريان المياه عند درجة ٢٠°م

$$Re = \frac{364 q}{D}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

D : قطر مسار النقاط (مم).

$$Re \leq 2000$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

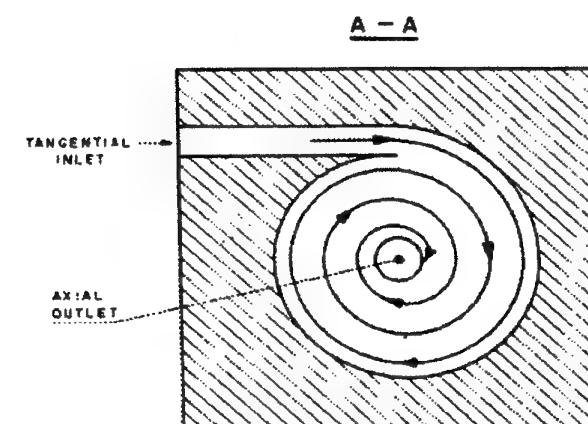
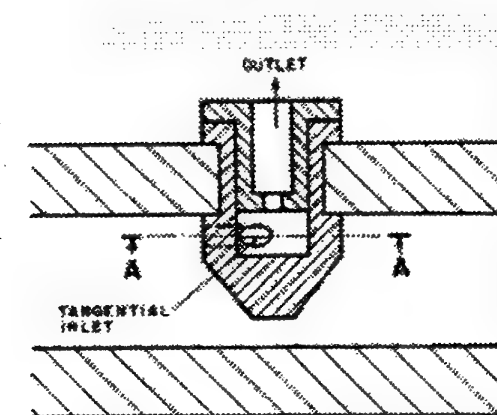
$$10^5 < Re < 2000$$

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \quad \text{for}$$

smooth pipe

٣- النقاطات الدوامية

Vortex emitters



تستخدم المعادلة التالية للنقاطات الدوامية وأيضاً للردادات sprayers

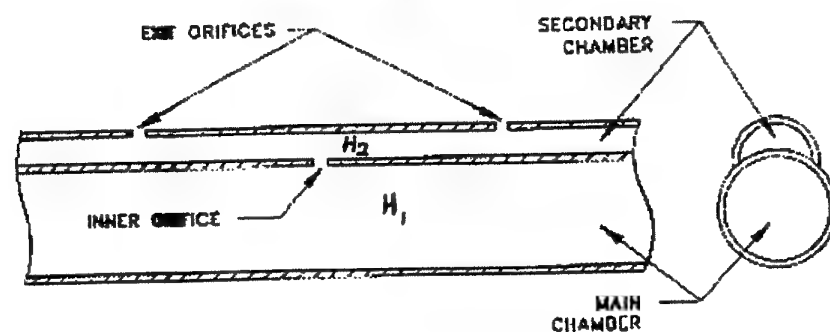
$$q = 3.6 C_o A \sqrt{2g H^{0.4}}$$

حيث: $C_o = 0.4$

q : تصرف النقاط لتر/س.

H : ضاغط تشغيل النقاط (متر).

٤- الأنابيب المزدوجة Twin-chamber tubing



$$q = 3.6 C_o A \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

H_1 : ضاغط التشغيل داخل الأنبوب الداخلي (متر)

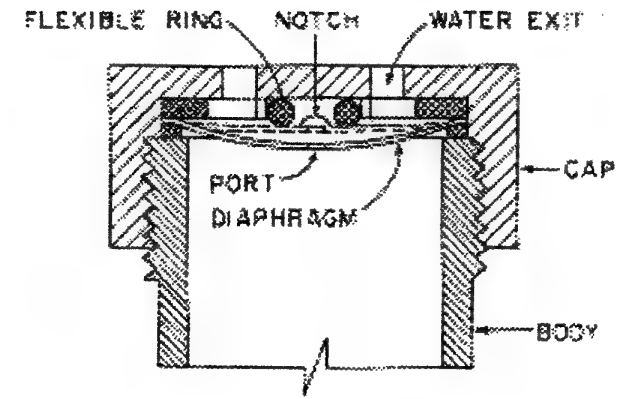
H_2 : ضاغط التشغيل داخل الأنبوب الخارجي (متر)

$$H_2 = \frac{H_1}{1+m}$$

m : عدد الفتحات في الأنبوب الخارجي المقابل لفتحة واحدة في الأنبوب الداخلي.

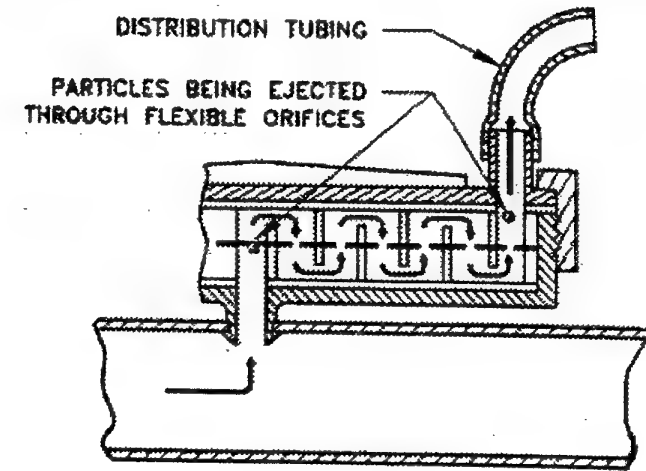
A : مساحة مقطع الفتحة في الأنبوب الداخلي.

q : تصرف الفتحة في الأنبوب الداخلي.

٥- النقاطات المعوضة للضغط Compensating emitters

يعتمد التصرف في هذا النوع من النقاطات على خواص المادة المطاطية حيث أن قيمة x تتراوح بين صفر إلى ٠,٥ في معادلة التصرف

$$q = 3.6 C_o A \sqrt{2gH^x}$$

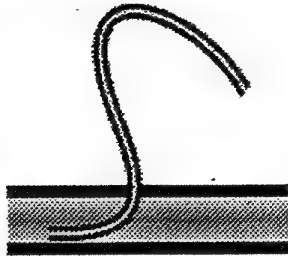
٦- نقاطات ذاتية التنظيف Flushing emitters

$$q = 3.6 C_o A \sqrt{2g \left(\frac{H}{m'} \right)^{0.7}}$$

حيث: m' : عدد الفتحات المرنة على التوالي داخل النقاط

of flexible orifices in series in the emitters

C_o : معامل الفتحة وتتراوح قيمته من ٠,٦ إلى ١.

٧- الأنابيب الرفيعة أو الاسباجيتي Micro or spaghetti tube

توجد معادلات تجريبية لإيجاد التصرف في الأنابيب الرفيعة في حالة السريان الرقائقي وفي حالة السريان الاضطرابي.

$$q = 1.272 D^{2.7} \left(\frac{H}{L} \right)^{0.8} \quad \text{للسريان الرقائقي}$$

$$q = 1.776 D^{2.7} \left(\frac{H}{L} \right)^{0.58} \quad \text{للسريان الاضطرابي}$$

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س.

D : قطر الأنبوبة (مم)

H : الفاقد في الضاغط خلال الأنبوبة (متر).

L : طول الأنبوبة (متر)

ويجب هنا التنويه بأنه في حالة استخدام بداية خط لتوصيل الأنبوبة بالخط فإن المعادلات السابقة قد لا تعطى القيمة الصحيحة للتصرف لأن القطر الداخلي للأنبوبة لا يتساوى مع القطر الداخلي لفتحة بداية أو قاعدة الاسباجيتي لذلك

يمكن استخدام معادلة إيجاد التصريف للفتحات الضيقة أو بدلالة سرعة المياه داخل الأنبوبة كما يلي:

$$q = 2.827 D^2 V$$

حيث: q : تصريف النقاط لتر/س.

D : قطر الدخلى للأنبوبة (مم)

V : سرعة للمياه داخل الأنبوبة ٠,٥ - ١,٥ م/ث.

أجهزة حقن الأسمدة

أ - سمادة فرق الضغط

١- العلاقة بين حجم السمادة وزمن التسميد ومعدل الحقن

هذه العلاقة ترتبط تماماً بمعدل انخفاض تركيز السماد داخل السمادة فإذا فرض سمادة حجمها V معدل حقن q وتركيز السماد الابتدائي في السمادة C_0 فإن زمن الحقن ينتهي عند انخفاض تركيز السماد في السمادة إلى أقل حد ممكن وعملياً ممكن القول أن زمن التسميد يساوي زمن تخفيض تركيز الأسمدة ٩٨% من تركيزها الابتدائي.

$$V \cdot \frac{dc}{dt} = q \cdot C$$

$$\int_{C_0}^{C_t} \frac{1}{C} dC = \int_0^t \frac{q}{V} dt$$

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = - \frac{qt}{V}$$

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-\frac{qt}{V}}$$

وبالتعويض في المعادلة عن تركيز السماد ٠,٠٢ نجد أن زمن التسميد يساوي:

$$\ln (0.02) = - \frac{qt}{V}$$

$$-4 = - \frac{qt}{V}$$

أي أنه يتم تفريغ السماد من السمادة بعد مرور أربعة أمثال حجمها من المياه

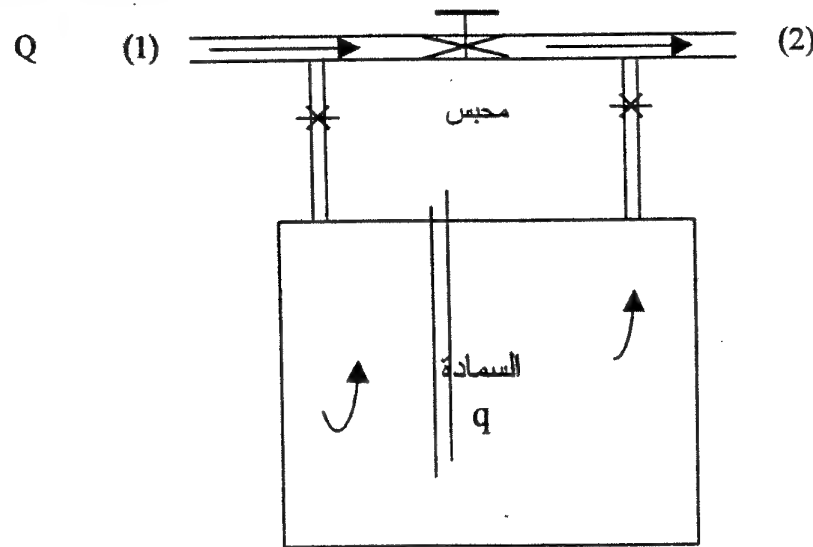
مثال:

سمانو حجمها ١٢٠ لتر معدل الحقن لها ٣٢٠ لتر/س أوجد من التسميد (زمن تفريغ السماد من السمادة).

$$t_r = \frac{4 V}{q} = \frac{4 \times 120}{320} = 1.5 \text{ hrs}$$

٢- العلاقة بين فرق الضغط ومعدل الحقن

فروق الضغط الذي يحدث نتيجة غلق المحبس جزئياً يتسبب في سريان المياه للسمادة حيث أن السمادة تتركب على التوازي مع خط الري وحيث أن فرق الضغط بين نقطتي دخول المياه للسمادة وخروجها يتساوى مع فرق الضغط الذي يحدثه غلق المحبس جزئياً على خط الري والذي يتسبب في مرور المياه للسمادة حيث يتم تقسيم تصرف الخط إلى جزئين جزء يمر خلال المحبس والجزء الآخر خلال السمادة بحيث يتساوى فرق الضغط بين نقطة الدخول والخروج حيث تعتبر هذه الأنابيب موصلة على التوازي كما في الشكل



فعند النقطة (١) يتفرع تصرف المياه Q إلى جزئين جزء يمر في السمادة q والجزء الآخر خلال المحبس $Q - q$ ثم يلتقي التصريف من خلال الفرعين عند النقطة (٢) ليصبح Q مرة أخرى وتعتمد قيمة q على مقدار غلق المحبس على الخط الرئيسي فكلما زاد الغلق زاد الفاقد في الضغط خلال المحبس وبالتالي يزيد مقدار التصريف المار خلال السمادة q حيث أن التصريف يتوزع بحيث يتساوى فرق الضغط بين النقطة (١) والنقطة (٢) فإذا زاد الفاقد في الضغط خلال المحبس يزيد مقدار التصريف خلال السمادة لكي يحدث زيادة في مقدار الفاقد في الضغط تعادل الفاقد في الضغط خلال المحبس.

١- فاقد في الضغط نتيجة دخول المياه لخزان التسميد (السمادة) وهذا

$$\text{يساوى } 0.5 \frac{V^2}{2g}$$

٢- فاقد في الضغط نتيجة خروج المياه مع السماد من السمادة وهو

$$\text{يساوى } 1.0 \frac{V^2}{2g} \text{ مع ملاحظة أن كثافة محلول السماد تقترب من}$$

كثافة المياه حيث أن نسبة الخلط قليلة.

٣- فاقد في الضغط نتيجة عملية الخلط التي تحدث داخل السمادة من دخول المياه داخل السمادة واختلاطها بمحلول السماد وهذه يمكن إهمالها حيث أن قيمتها صغيرة جداً.

٤- فاقد الضغط نتيجة وجود محابس على دخل وخروج السمادة وهذه

يمكن افتراضها بأنها تساوى تقريباً $0.5 \frac{V^2}{2g}$. وبذلك يكون مجموع

هذه الفاقد في الضغط

$$\Delta h = 0.5 \frac{V^2}{2g} + 1.0 \frac{V^2}{2g} + 0.5 \frac{V^2}{2g} = 2 \frac{V^2}{2g}$$

حيث V سرعة دخول المياه للسمادة.

وعلى فرض أن d قطر أنابيب دخول قطر أنابيب دخول وخروج السمادة فإن

$$\Delta h = 2 \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$\text{وبالتعويض عن } A = \frac{\pi d^2}{4} \text{ ، } g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Q : التصريف الداخلى للسمادة (لتر/س)

d : قطر أنابيب دخول وخروج السمادة بالمم.

Δh : الفاقد في الضاغط بالمتر.

فإن

$$Q_{\ell/h} = 8.85 d_{\text{mm}}^2 \sqrt{\Delta h_m}$$

وعلى فرض أن $d = 11 \text{ mm}$

فإن معدل تصريف السماد باللتر/س يمكن إيجاده بدلالة الفاقد في الضغط كما يلي:

$\Delta h, \text{ m}$	$Q \ell/h$
0.05	240
0.1	320
0.2	480
0.4	720
1.0	1070

ويمكن استخدام هذه العلاقة المفيدة في إيجاد قيمة معدل الحقن الذي يمكن

استخدامه في إيجاد زمن الحقن من العلاقة السابقة الآتية:

$$T = \frac{4V}{q}$$

ومنها يمكن استنتاج الجدول التالى لحساب زمن الحقن بالساعة لسماد مختلف الأحجام

$\Delta h, \text{ m}$	$q (\ell/h)$	60 liter	90 liter	120 liter	200 liter
0.05	240	1	1.50	2	3.33
0.1	320	0.75	1.125	1.5	2.5
0.2	480	0.50	0.75	1.0	1.666
0.4	720	0.33	0.50	0.66	1.11
1.0	1070	0.22	0.336	0.45	0.75

مثال:

شبكة ري بالتنقيط تصرف الطلمبة بها ٤٠ م^٣/س وكان زمن الري ساعتين وكانت الاحتياجات المائية ٢٠ م^٣/فدان يوم. فإذا كانت السمادة المستخدمة حجمها ١٢٠ لتر فأوجد معدل الحقن المطلوب ضبط السمادة عليه.

الحل

$$\text{زمن الحقن} = \frac{٥٠}{١٠٠} \times \text{زمن الري} = \frac{١}{٢} \times ٢ \text{ ساعة} = ١ \text{ ساعة}$$

$$\text{معدل حقن السمادة} = \frac{٤ \times \text{حجم السمادة}}{\text{زمن الحقن}} = \frac{٤ \times ١٢٠ \text{ لتر}}{١ \text{ ساعة}} = ٤٨٠ \text{ لتر/س}$$

فإذا كان أقصى تركيز للسمادة في مياه الري هو ١ كجم لكل م^٣ مياه الري فإن ذلك يعني أن أقصى كمية سماد يمكن وضعها في السمادة هو ٤٠ كجم وحيث أن كمية الأسمدة التي يمكن وضعها تعتمد على درجة نوبانها فإن تحضير المحلول المركز يكون بوضع ٢٠٠ جرام في ١ لتر أن أقصى كمية يمكن وضعها هي ١٢٠٠ لتر × ٢٠٠ جرام = ٢٤٠٠٠ جرام أي ٢٤ كجم.

وحيث أن المطلوب هو تسميد ٢ فدان ويتم الري على أساس دفعة سماد كل ٤ يوم فإذا كان المحصول يحتاج إلى عدد ١ وحدة آزوت في اليوم وعدد ١,٥ وحدة بوتاسيوم في اليوم أي:

$$٠,٥٠ / ٦ \text{ بوتاسيوم/ دفعة}$$

$$٠,٣٣٥ / ٤ \text{ آزوت/ دفعة}$$

$$١٢ \text{ كيلو سلفات بوتاسيوم}$$

$$١٢ \text{ كيلو نترات نوسادر}$$

$$٢٤ \text{ كيلو سماد.}$$

$$\text{وحيث أن } 4 = \frac{480}{120} = \frac{q}{V}$$

وزمن الري T هو ١ ساعة فمعنى ذلك أن تركيز السماد في السمادة ينخفض من C₀ إلى C_t والتي يمكن حسابها كما يلي

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-\frac{qt}{V}}$$

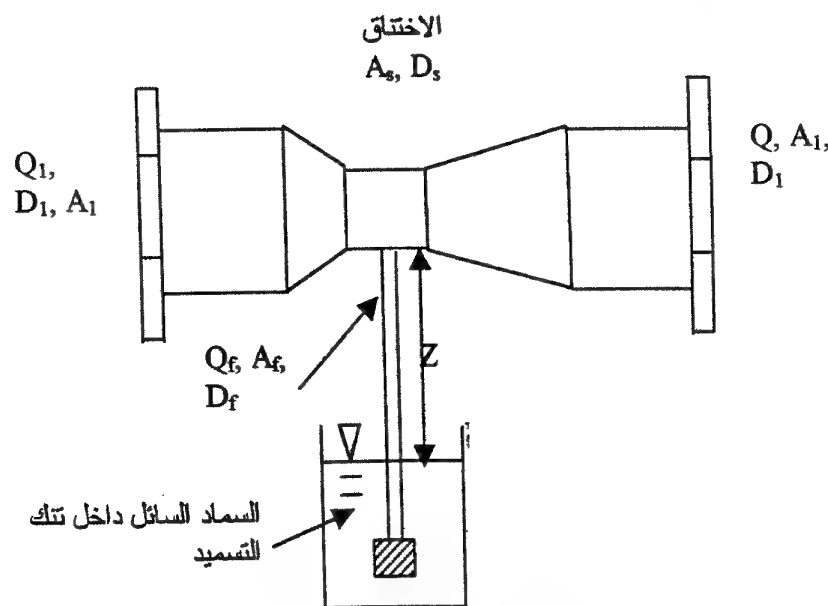
$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-\frac{480 \times 1}{120}}$$

$$= e^{-4} = 0.0183$$

أي أن تركيز السماد داخل السمادة ينخفض ١٠٠% على ١,٨% من التركيز الابتدائي بمرور زمن ١ ساعة - أي نسبة الانخفاض تساوي ٩٨,٢%.

ب - جهاز الفنشوري

١ - الفاقد في الضغط خلال جهاز الفنشوري



ينقسم الفاقد في الضغط نتيجة مرور المياه والأسمدة خلال جهاز الفنشوري إلى:

١- الضغط اللازم لرفع السماد من تنك التسميد إلى جهاز الفنشوري بمسافة رأسية قدرها z يساوي pgz أو ضاغط يساوي z .

٢- الضغط المفقود في عملية خلط السماد بالماء داخل اختناق الفنشوري وقيمته حسب معادلة معدل التغير في كمية الحركة Momentum تساوي:

$$(P_1 - P_2)A_s = \rho_f A_f V_f^2$$

$$\left(F = m \frac{dv}{dt} = \rho Q V \right)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{\rho_f A_f V_f^2}{A_s} = \frac{\rho_f A_f Q_f^2}{A_s A_f^2} = \frac{\rho_f Q_f^2}{A_s A_f}$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بتحويل الفاقد في الضغط إلى فاقد الضاغط كما يلي:

$$\Delta h = \frac{\rho_f \cdot A_f \cdot V_f^2}{\rho_w \cdot g \cdot A_s} = \frac{\rho_f Q_f^2}{\rho_w \cdot g \cdot A_f \cdot A_s}$$

وسوف نثبت أن هذا الفاقد صغير نسبياً ويمكن إهماله بالنسبة للفواقد الأخرى.

حيث: A_f : مسافة مقطع أنبوبة التسميد.

A_s : مساحة مقطع اختناق الفنشوري.

ρ_f : كثافة السماد وهي غالباً أكثر من ١ كجم/لتر.

ρ_w : كثافة الماء وهي تساوي ١ كجم/لتر (١ جرام/سم^٣).

٣- الفاقد في الضغط داخل جهاز الفنشوري نتيجة الاختناق أو التقلص في مساحة المقطع sudden contraction ومن A_1 إلى A_s وهي تساوي:

$$\Delta h = k \frac{V_s^2}{2g}$$

حيث k معامل التقلص في مساحة المقطع وهو يساوي

$$k_c = 0.5 \left(1 - \frac{A_s}{A_L} \right) = 0.5 \left(1 - \frac{D_s^2}{D_L^2} \right)$$

حيث: A_L : مساحة مقطع مدخل جهاز الفنشوري.

D_s : قطر مقطع الاختناق.

D_L : قطر مقطع مدخل جهاز الفنشوري.

ويمكن كتابة المعادلة السابقة بدلالة التصرف بدلاً من السرعة كما يلي:

$$\Delta h = \frac{Q_1^2}{2A_s^2 g} \times 0.5 \left(1 - \frac{A_s}{A_L} \right) = \frac{Q_1^2}{4A_s^2 g} \left(1 - \frac{A_s}{A_L} \right)$$

حيث Q_1 هو تصرف المياه المارة خلال الفنشوري ويسمى السريان المحرك Motive flow.

ولا يفوتنا أن ننبه إلى أنه في معادلة حساب معامل التقلص في مساحة المقطع عند دخول المياه إلى خزان فإن A_L تكون كبيرة جداً بالمسبة لقيمة A_s وبذلك

فإن $\frac{A_s}{A_L}$ تقترب من لاصفر ويصبح قيمة معامل دخل المياه للخزان يساوي

٤- الفاقد في الضغط داخل الفنشورى نتيجة التوسيع الفجائى sudden expansion فى مساحة المقطع من A_s إلى مرة أخرى وهو يساوى:

$$h_L = \frac{(V_s - V_L)^2}{2g}$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة بصيغة أخرى تتلاءم مع ما تم كتابته سابقاً فى الانكماش أو التقلص الفجائى كما يلى:

$$h_L = \frac{(V_s - V_L)^2}{2g} = \frac{V_s^2}{2g} \left(1 - \frac{V_L}{V_s}\right)^2 = \frac{V_s^2}{2g} \left(1 - \frac{A_s}{A_L}\right)^2$$

$$h_L = k_s \frac{V_s^2}{2g}$$

$$k_s = \left(1 - \frac{A_s}{A_L}\right)^2$$

ولا يفوتنا هنا أيضاً إلى أن معامل الفاقد نتيجة التوسيع الفجائى k_s تؤول قيمته إلى الواحد الصحيح عند دخول المياه إلى خزان حيث تؤول نسبة المساحة الصغيرة A_s إلى المساحة الكبيرة A_L إلى الصفر. ويمكن كتابة المعادلة السابقة بدلالة التصريف الخارج من الفنشورى بدلا من السرعة كما يلى:

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g A_s^2} \left(1 - \frac{A_s}{A_L}\right)^2$$

مع ملاحظة أن Q هى تصرف كل من المياه الداخلة للجهاز الفنشورى والسماذ أى أن:

$$Q = Q_i + Q_f$$

وأنا أهملنا التغير فى كثافة المياه الخارجة من الفنشورى بعد اختلاطها بالسماذ وهذا فرض صحيح ويمكن إثباته كما يلى:
إذا فرض أن كثافة المياه ١ كجم/لتر وكثافة السماذ المستخدمة ١,٤ كجم/لتر فإن كثافة المخلوط تساوى:

$$\rho_m \times Q_m = \rho_f \times Q_f + \rho_w \times Q_w$$

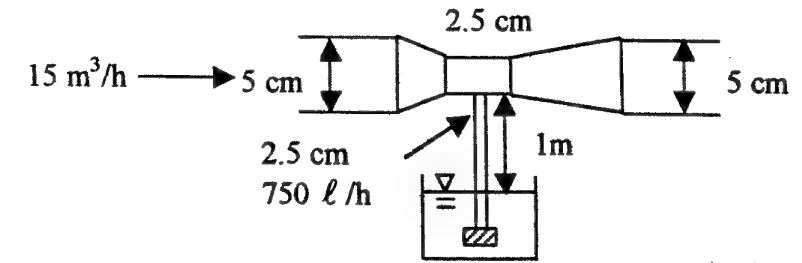
وعلى فرض أن تصرف السماذ ٧٥٠ لتر/س وتصرف المياه ١٥ م^٣/س فإن كثافة المخلوط تساوى:

$$\rho_m = \frac{\rho_f \times Q_f + \rho_w \times Q_w}{Q_m} = \frac{0.75 \times 1.4 + 15 \times 1}{15 + 0.75} = 1.019 \text{ kg/liter}$$

وبذلك يتضح أن كثافة المخلوط لا يختلف عن كثافة المياه ويرجع ذلك إلى أن كمية المياه المارة أكبر بكثير من كمية السماذ المخلوطة.
- مجموع الفواقد لا يقل عن ٢٠% من قيمة الضغط عند مدخل الفنشورى.

مثال:

جهاز حقن أسمدة من نوع فنشورى قطر مدخله ومخرجه يساوى ٥ سم وقطر أنبوبة دخول السماذ ٢,٥ سم وقطر الاختناق ٢,٥ سم. فإذا كان تيار المياه المحرك للفنشورى يساوى ١٥ سم^٣/س وكان تصرف السماذ ٧٥٠ لتر/س. ومستوى سطح السماذ فى السمادة ينخفض بمقدار ١ متر عن جهاز الفنشورى وكانت كثافة السماذ فى السمادة ١,٤ كجم/لتر. أوجد مقدار الفاقد فى الضغط نتيجة مرور المياه فى جهاز الفنشورى.



$$\Delta h = Z + \frac{\rho_f Q_f^2}{\rho_w \cdot g \cdot A_s \cdot A_f} + \frac{Q_l^2}{4g A_s^2} \left(1 - \frac{D_s^2}{D_L^2} \right) + \left(1 - \frac{D_s^2}{D_L^2} \right)^2 \frac{Q^2}{4g A_s^2}$$

$$A_s = A_f = \frac{\pi \left(\frac{2.5}{100} \right)^2}{4} = 4.9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

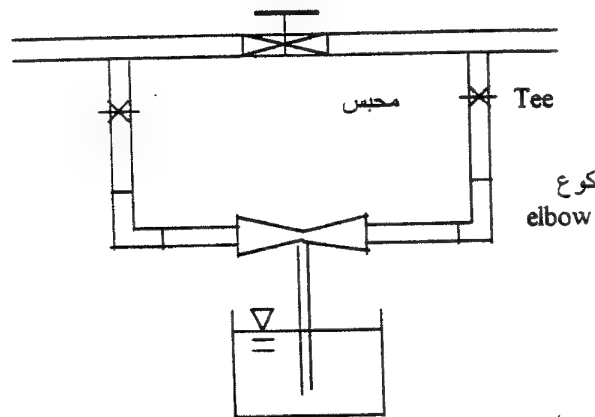
$$Q_l = 15 \text{ m}^3/\text{h} = 4.166 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 15 + 0.75 = 15.75 \text{ m}^3/\text{h} = 4.375 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \Delta h &= 1 + \frac{1.4(2.083 \times 10^{-4})^2}{9.8(4.9 \times 10^{-4})^2} + \frac{(4.166 \times 10^{-3})^2}{4 \times 9.8(4.9 \times 10^{-4})^2} \left(1 - \frac{(2.5)^2}{(5)^2} \right) \\ &= \frac{(4.375 \times 10^{-3})^2}{2 \times 9.8(4.9 \times 10^{-4})^2} \left(1 - \frac{(2.5)^2}{(5)^2} \right) \\ &= 1 + 0.0257 + 1.844 \times 0.75 + 4.067 \times 0.5625 \\ &= 1 + 0.0257 + 1.383 + 2.28769 \\ &= 4.7 \text{ m} \end{aligned}$$

من هذا يتضح أن الفاقد في الضاغط نتيجة خلط السماد مع الماء يعتبر صغيراً نسبياً ويمكن إهماله وهو ٠,٠٢٥٧ متر أى ٢,٥ سم. أما الضاغط المفقود في الفنشورى فهو ٤,٧ متر أى حوالى نصف بار أو نصف ضغط جوى وبذلك يكون الضغط اللازم لمرور المياه في الفنشورى أو الضغط في خط الري ٠,٢٤٧/٢٣,٥ = ٢,٥ متر أى حوالى ٢,٥ بار وهذا هو أقل ضغط

لمرور المياه في جهاز الفنشورى أما إذا تم توصيل بين الخط الرئيسى والفنشورى بحيث يتساوى الفاقد في الضغط خلال المحبس على الخط الرئيسى وجهاز الفنشورى وبالطبع فإن تخفيض التصريف المار في الفنشورى يؤدي إلى تقليل الفاقد في الضغط مع ملاحظة أن الفاقد في الضغط سوف يتم زيادته بطريقة أخرى وهي إضافة فواقد ثانوية في عدد ٢ تي (T) وكذلك عدد ٢ كوع وعدد ٢ محبس كما بالشكل



فمثلاً في المثال السابق عند حساب هذه الفواقد التي على فرض أن الجهاز موصل على التوازي مع خط الري الرئيسى فإن ضاغط السرعة يمكن حسابه كما يلي:

$$A_s = A_f = \frac{\pi \left(\frac{5}{100} \right)^2}{4} = 1.9635 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_l = \frac{Q_l}{A_l} = \frac{4.166 \times 10^{-3}}{1.9635 \times 10^{-3}} = 2.12 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{(2.12)^2}{2 \times 9.8} = 0.23 \text{ m}$$

وبمعلومية أن معامل الفاقد الثانوى فى الوصلات كما يلى:

$$K_t = 1.8$$

معامل الفاقد للتي T

$$K_v = 0.2$$

للمحسب

$$K_L = 0.4 \text{ elbow } 90^\circ \text{ درجة}$$

وبذلك تكون مجموع هذه الفواقد الثانوية تساوى:

$$h_L = \frac{V_1^2}{2g} [2K_t + 2K_v + 2K_L]$$

$$= 0.23 \times 2 (1.8 + 0.2 + 0.4)$$

$$= 1.1 \text{ m}$$

أى أن الفاقد الإجمالى فى الضغط نتيجة التوصيل على التوازي على فرض أن التصريف المار خلال الفنشورى لم يتغير أى يساوى ١٥ م^٣/سيكون ٤,٧ + ١,١ = ٥,٨ متر أى أن الضغط المطلوب من خط الري يساوى ٥,٧/٥,٢ ≈ ٢٩ متر أى حوالى ٣ بار وهو أقل ضغط لازم لتشغيل جهاز الفنشورى.

٢- كيفية اختيار الفنشورى الملائم والمعلومات اللازمة لذلك **Required**

information

١- تصرف خط الري Q Irrigation water flow

٢- معدل حقن الأسمدة المطلوب Q_f Rate of fertilizer injection required

٣- فرق الضغط المتاح فى شبكة الري Pressure differential available

أ- أقصى ضغط متاح فى شبكة

الري.

ب- أقصى ضغط مطلوب لتشغيل

شبكة الري.

ج- فرق للضغط المتاح يساوى (أ) -

(ب)

د- نسبة فرق الضغط (ج/أ) ×

١٠٠

إذا كان نسبة فرق الضغط المحسوب فى الخطوة (د) يساوى ٢٠% أو أكثر فإن طريقة تركيب الفنشورى تكون بتركيبه على التوازي على خط الري الرئيسى ولا يحتاج لتركيب مضخة وذلك لأن الضغط كافى فى هذه الحالة لتشغيل الفنشورى أما إذا كان نسبة فرق الضغط المحسوب فى الخطوة (د) أقل من ٢٠% ففى هذه الحالة لابد من تركيب مضخة على التوالى مع الفنشورى وقد استعملت بكفاءة مضخة طاردة مركزية قدرتها نصف حصان وتصرفها حوالى ١ م^٣/س وضغط ٢٧ متر.

جدول مواصفات الفنشوري وهو يوضح تصرف المياه بالمحرك المار خلال كل موديل

MODEL	MALE THREAD SIZE		MOTIVE FLOW RANGE	
	(NPT)	(BSPT)	Gallons per Hour/Minute	Liters per Minute
283	1/2"	1/2"	10.3-49.5 GPH	0.64-3.12 l/m
US Metric				
287	1/2"	1/2"	19.7-85.0 GPH	1.24-5.36 l/m
US Metric				
384	1/2"	1/2"	0.75-3.4 GPM	2.50-12.9 l/m
US Metric				
384-X	1/2"	1/2"	0.73-3.47 GPM	2.76-13.1 l/m
US Metric				
484	1/2"	1/2"	1.0-6.3 GPM	3.79-23.8 l/m
US Metric				
484-A	3/4"	3/4"	1.0-6.3 GPM	3.79-23.8 l/m
US Metric				
484-X	3/4"	3/4"	1.0-6.3 GPM	3.8-12.9 l/m
US Metric				
584	3/4"	3/4"	2.8-10.5 GPM	10.6-39.7 l/m
US Metric				
584-C	1/2"	1/2"	2.8-10.5 GPM	10.6-39.7 l/m
US Metric				
684	3/4"	3/4"	4.0-15.1 GPM	15.1-57.2 l/m
US Metric				
878	1"	1"	4.7-19.5 GPM	17.8-73.8 l/m
US Metric				
885-X	1"	1"	4.6-19.8 GPM	17.4-74.9 l/m
US Metric				
978	1"	1"	4.5-23 GPM	17-87.1 l/m
US Metric				
1078	1"	1"	8.0-28.2 GPM	30.3-106.7 l/m
US Metric				
1583-A	1.5"	1.5"	14.2-56.2 GPM	53.8-213 l/m
US Metric				
1584-A	1.5"	1.5"	19-97 GPM	74.9-367 l/m
US Metric				
1585-X	1.5"	1.5"	14.5-56.6 GPM	54.9-214 l/m
US Metric				
2081-A	2"	2"	48.7-158 GPM	184-598 l/m
US Metric				

٣- إختيار الفنشوري Injector selection

تقوم الشركات المصنعة لأجهزة حقن الأسمدة بعمل جداول تلخص خواص هذه الأجهزة Performance Table توضح التصرف المحرك المطلوب motive flow requirements وتصرف السماد suction capacity للمقاسات المختلفة من الأجهزة عند فروق مختلفة من الضغط differential pressure. حسب الخطوات الآتية:

١- عين الضغط عند مدخل الفنشوري injection inlet pressure وهو يناظر أقصى ضغط متاح لشبكة الري.

٢- عين الضغط عند مخرج الفنشوري injection outlet pressure وهو يناظر أقل ضغط مطلوب لتشغيل شبكة الري.

٣- عين من جداول خصائص أجهزة الفنشوري الموديل والمقاس مع معدل الحقن liquid suction rate والذي سوف يزيد من المطلوب وفى هذه الحالة يتم استخدام محبس التحكم فى معدل الحقن المطلوب metering valve.

جدول معدل أداء أجهزة الفنشوري

MLC

INJECTOR PERFORMANCE TABLE
Liquid Motive (Water)/Liquid Suction (Water)

Operating Pressure		Suction Capacity of MLC Injectors at Various Operating Conditions															
a	b	Model 484		Model 584		Model 678		Model 1078		Model 1583		Model 2081		Model 285-X		Model 385-X	
		Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM	Motive Flow GPM	Liquid Suction GPM
20	0	2.30	18	4.3	26	8.2	63	14.8	80	22.9	180	72.0	310	8.5	120	8.5	120
	5	2.20	18	4.2	25	8.2	62	14.8	78	22.9	170	72.0	310	8.5	100	8.5	100
	10	2.15	11	4.0	13	7.9	46	11.9	50	21.4	120	72.0	280	7.8	46	7.8	46
	12	2.10	8	3.9	9	7.8	38	10.7	37	21.1	95	68.5	230	7.3	20	7.3	20
	15	2.05	2	3.8	2	7.5	10	10.4	25	20.4	45	65.4	180	6.8	0	6.8	0
(PSI at 0 suction)		2.00	(18)	3.7	(18)	7.3	(17)	10.3	(17)	20.3	(16.5)	63.7	(17)	7.4	(14)	6.8	(14)
30	0	2.70	18	5.2	28	9.7	80	15.8	75	27.8	180	82.0	320	10.1	128	10.1	128
	5	2.70	18	5.2	28	9.7	80	15.8	75	27.8	180	82.0	320	10.1	100	10.1	100
	10	2.70	18	5.0	23	9.7	60	13.8	75	27.0	172	82.0	305	9.8	50	9.8	50
	15	2.65	13	4.8	18	9.5	52	13.3	60	26.1	135	82.0	280	9.2	0	9.2	0
	20	2.68	7	4.6	9	9.2	30	12.8	38	25.3	86	79.0	260	8.6	0	8.6	0
(PSI at 0 suction)		2.50	(18)	4.5	(23)	9.0	(28)	12.5	(23)	24.5	(23)	78.5	(28)	9.0	(20)	8.6	(20)
40	0	3.10	18	6.8	35	10.8	80	16.8	75	31.1	180	92	320	11.2	148	11.2	148
	5	3.10	18	6.8	35	10.8	80	16.8	75	31.1	180	92	320	11.2	128	11.2	128
	10	3.10	18	6.8	28	10.8	60	16.8	75	31.1	180	92	320	11.2	100	11.2	100
	15	3.10	18	6.7	25	10.8	50	16.8	75	30.7	160	92	320	10.9	50	10.9	50
	20	3.05	16	6.5	20	10.5	40	16.2	60	29.2	140	91	320	10.2	0	10.2	0
(PSI at 0 suction)		2.88	(11)	6.4	(25)	10.5	(46)	15.0	(52)	30.0	(105)	90	(405)	10.4	(17)	10.4	(17)
50	0	3.40	17	6.4	35	12.0	80	17.1	75	34.2	180	99	320	12.3	148	12.3	148
	5	3.40	17	6.4	25	12.0	60	17.1	75	34.2	180	99	320	12.3	128	12.3	128
	10	3.40	17	6.3	25	12.0	50	17.1	75	34.0	180	99	320	12.1	100	12.1	100
	15	3.40	17	6.2	24	11.9	40	17.0	75	33.6	175	99	320	11.9	50	11.9	50
	20	3.30	15	6.1	19	11.9	35	16.8	60	32.0	140	98	410	11.3	0	11.3	0
(PSI at 0 suction)		3.25	(8)	6.0	(11)	11.7	(35)	16.8	(47)	31.5	(87)	97	(325)	11.5	(20)	11.5	(20)
60	0	3.70	17	6.8	35	13.0	80	18.5	75	37.0	180	111	320	13.4	148	13.4	148
	5	3.70	17	6.8	25	13.0	60	18.5	75	37.0	180	111	320	13.4	128	13.4	128
	10	3.70	17	6.8	25	13.0	50	18.5	75	37.0	180	111	320	13.4	100	13.4	100
	15	3.70	17	6.8	25	13.0	40	18.5	75	37.0	180	111	320	13.4	50	13.4	50
	20	3.65	18	6.7	20	13.0	30	18.4	72	36.8	182	110	440	12.7	0	12.7	0
(PSI at 0 suction)		3.50	(12)	6.6	(15)	12.9	(32)	18.2	(40)	35.8	(125)	109	(410)	13.6	(5)	13.6	(5)
70	0	3.80	17	7.4	35	14.0	80	19.5	75	40.0	180	123	320	14.4	148	14.4	148
	5	3.80	17	7.4	25	14.0	60	19.5	75	40.0	180	123	320	14.4	128	14.4	128
	10	3.80	17	7.4	25	14.0	50	19.5	75	40.0	180	123	320	14.4	100	14.4	100
	15	3.80	17	7.4	25	14.0	40	19.5	75	40.0	180	123	320	14.4	50	14.4	50
	20	3.80	17	7.3	20	14.0	30	19.5	75	40.0	180	123	320	14.4	0	14.4	0
(PSI at 0 suction)		3.65	(16)	7.2	(17)	13.9	(37)	19.5	(40)	39.4	(126)	122	(410)	15.6	(20)	15.6	(20)
80	0	4.20	17	7.8	35	14.9	80	21.7	75	43.0	180	135	320	15.2	148	15.2	148
	5	4.20	17	7.8	25	14.9	60	21.7	75	43.0	180	135	320	15.2	128	15.2	128
	10	4.20	17	7.8	25	14.9	50	21.7	75	43.0	180	135	320	15.2	100	15.2	100
	15	4.20	17	7.8	25	14.9	40	21.7	75	43.0	180	135	320	15.2	50	15.2	50
	20	4.20	17	7.7	24	14.9	30	21.4	71	42.5	180	135	320	14.6	0	14.6	0
(PSI at 0 suction)		4.15	(12)	7.8	(14)	14.7	(30)	21.2	(34)	42.0	(126)	134	(320)	14.6	(20)	14.6	(20)
100	0	4.60	17	8.2	35	15.8	80	24.3	75	46.0	180	144	320	16.2	148	16.2	148
	5	4.60	17	8.2	25	15.8	60	24.3	75	46.0	180	144	320	16.2	128	16.2	128
	10	4.60	17	8.2	25	15.8	50	24.3	75	46.0	180	144	320	16.2	100	16.2	100
	15	4.60	17	8.2	25	15.8	40	24.3	75	46.0	180	144	320	16.2	50	16.2	50
	20	4.60	17	8.2	25	15.8	30	24.3	75	46.0	180	144	320	16.2	0	16.2	0
(PSI at 0 suction)		4.50	(10)	8.1	(28)	15.6	(28)	24.0	(28)	45.5	(126)	143	(320)	16.2	(20)	16.2	(20)

GPM = gallons per minute PSI = pounds per square inch Motive Flow = water flow thru injector

خطوات تصميم شبكة الري بالتنقيط

١- حساب المسافات بين النقاطات

لحساب المسافة بين النقاطات يجب معرفة مساحة الابتلال تحت النقاط وهذه تعتمد اعتماد كبير على خواص التربة.

مساحة الابتلال بدلالة نفاذية التربة

نفترض نقاط تصرفه q لتر/ ساعة فعند تشغيله تبدأ دائرة البلال في الاتساع إلى أن يتساوى معدل إضافة المياه من النقاط مع معدل نفاذية المياه في التربة k_s وفي هذه الحالة تثبت دائرة الابتلال وبذلك يمكن إيجاد مساحة الابتلال تحت النقاط كما يلي $q = k_s * A_w$ ومساحة الابتلال عبارة

$$A_w = \frac{\pi}{4} s_w^2$$

عن دائرة قطرها s_w

حيث: q : تصرف النقاط لتر/س

k_s : معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة أو معدل التسرب النهائي

بوحدة م/م/س

s_w : قطر دائرة الابتلال بالمتر.

وللحصول على شريحة متصلة الابتلال توضح النقاطات على خط التنقيط بحيث يحدث تداخل بين دوائر الابتلال وبذلك تكون المسافات بين النقاطات تساوي s_e حيث: $s_e = 0.8 s_w$ ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي:

مثال:

احسب المسافة بين النقاطات إذا كان تصرف النقاط 4 لتر/س وكان التوصيل الهيدروليكي للتربة k_s يساوي 10 م/م/س ثم 100 م/م/س.

الحل

$$4 = 10 \times \frac{\pi}{4} s_w^2$$

$$s_w = 0.7136 \text{ m}$$

$$s_e = 0.8 \times 0.7136 = 0.57 \text{ m}$$

$$k_s = 100 \text{ mm/hr عند ثانياً}$$

$$4 = 100 \times \frac{\pi}{4} s_w^2$$

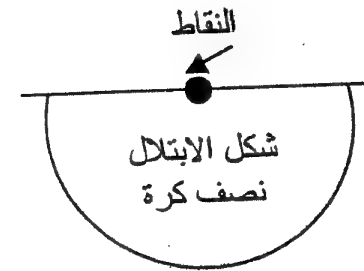
$$s_w = 0.226 \text{ m}$$

$$s_e = 0.1805 \text{ m}$$

ويجب هنا ملاحظة أن الابتلال في هذه الطريقة هو التشبع لأننا استخدمنا التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة أي سريان المياه للتربة المشبعة حيث أن الرطوبة تنتقل بعد ذلك من التربة المشبعة إلى التربة الجافة عن طريق الخاصية الشعرية سواء أفقياً أو رأسياً.

حساب الابتلال عن طريق المحتوى الرطوبي

في هذه الطريقة يتم حساب الحجم المبطل من التربة نتيجة إضافة المياه على أساس أن الابتلال يأخذ شكل نصف كرة hemisphere مركزها النقاط وهذه الحالة تحدث عندما تكون التربة متوسطة القوام (لومية) حيث يكون انتشار الرطوبة متساوي في جميع الجهات تقريباً. نفترض أن المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة θ_i على أساس حجمي وأن المحتوى الرطوبي النهائي بعد الري θ_f على أساس حجمي وبذلك يكون حجم نصف الكرة يساوي



$$\text{volum of hemisphere} = \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)$$

حيث r : نصف قطر الكرة وبمساواة حجم الماء المضاف في زمن قدره t مع حجم الماء المضاف لنصف الكرة فإن

$$q \cdot t = (\theta_f - \theta_i) \frac{2}{3} \pi r^3$$

$$r^3 = \frac{3 q \cdot t}{2 \pi (\theta_f - \theta_i)}$$

حيث: q : تصرف النقاط م^٣/س

t : زمن إضافة المياه بالساعة

r : نصف قطر الكرة أو الابتلال بالمتر.

مثال:

احسب نصف قطر الابتلال لنقاط تصرفه ٤ لتر/س عند زمن ري ١

ساعة إذا كان المحتوى الرطوبي على أساس حجمي ابتدائي ٤% ونهائي ٨%.

الحل

$$r^3 = \frac{3 \frac{4}{1000} \times 1}{2 \pi (0.08 - 0.04)} = 0.15 \quad r = 0.53 \text{ m}$$

ج- حساب عمق وقطر الابتلال

يستخدم لتقدير قطر الابتلال تحت سطح الأرض بحوالي من ١٥ -

٣٠ سم (أقصى قطر ابتلال حيث أن قطر الابتلال على سطح الأرض يصل

إلى حوالي ٧٥% من قطر الابتلال عند هذا العمق) الطريقة التجريبية (Schwartz mass and Zur, 1985) كما يلي:

$$WD = 0.0094 (Z)^{0.35} (q)^{0.33} (k_s)^{-0.33}$$

حيث: WD : قطر مساحة الابتلال تحت سطح التربة بعمق ١٥ - ٣٠ سم مقدرًا بالمتر.

Z : عمق الابتلال بالمتر

q : تصرف النقاط باللتر/س

k_s : التوصيل الهيدروليكي للتربة بالمتر/ث.

مثال:

احسب قطر الابتلال لنقاط تصرفه ٤ لتر/س وعمق الابتلال ٠,٦ متر إذا كان معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة ٢٥ مم/س.

الحل

$$k_s = 25 \frac{\text{mm}}{\text{hr}} \frac{1}{1000 \times 3600} = 7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$WD = 0.0094 (0.6)^{0.35} (4)^{0.33} (7 \times 10^{-6})^{-0.33} = 0.624 \text{ m}$$

د- مساحة الابتلال بالطريقة التجريبية

تعتمد هذه الطريقة على استخدام أرقام تجريبية لمساحة الابتلال تعتمد على قوام التربة ومن هذه الطريقة طريقة شركة رين بيرد Rain Bird كما يلي:

مساحة الابتلال للتربة الرملية = ١,٨ م^٢

مساحة الابتلال للتربة المتوسطة = ٥,٧ م^٢

مساحة الابتلال للتربة الثقيلة = ١١,٩ م^٢

٢- حساب عدد النقاطات للشجرة

يتم حساب عدد النقاطات للشجرة عن طريق معرفة المساحة المظللة للشجرة وبالتالي المساحة المطلوب ابتلالها ثم عن طريق المساحة المبثلة للنقاط يمكن حساب عدد النقاطات للشجرة ونسبة المساحة المبثلة تتراوح في الري بالتنقيط بين ثلث إلى ثلثي المساحة التي تشغلها الشجرة ويجب أن ننوه هنا أن عدد النقاطات المحسوب للتصميم هو أقصى عدد عند اكتمال نمو الشجرة وهو ليس بالفعل العدد عند بداية زراعة الشتلات فإذا كان هذا العدد ٤ نقاطات مثلاً فإننا نقوم بتركيب نقاط واحد عند زراعة الشتلة تزداد بعد ذلك مع زيادة النمو إلى أن تصل إلى ٤ نقاطات للشجرة.

وتتبع شركة رين بيرد في حساب عدد النقاطات نسبة ابتلال متوسطة قدرها ٥٠% وذلك عند التصميم للشجرة مكتملة النمو.

مثال:

احسب عدد النقاطات لأشجار موالح تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر في تربة خفيفة القوام بنسبة ابتلال ٣٣%.

الحل

عدد النقاطات للشجرة N

$$N = \frac{0.33 s_r \times s_m}{A_w}$$

$$= \frac{0.33 \times 5 \times 5}{1.8} \cong 4 \text{ emitters}$$

فإذا كانت أقصى الاحتياجات اليومية ١٢٥ لتر/يوم ، فإنه يستخدم ٤ نقاطات

٨ × لتر/س ويكون زمن الري t_i

$$t_i = \frac{125 \text{ liter / day}}{4 \text{ emitters} \times 8 \text{ l/h}} = 4 \text{ hours}$$

عدد النقاطات لعنب يزرع على ٢ × ٣ م

$$N = \frac{0.33 \times 2 \times 3}{1.8 \text{ m}^2} \cong 2$$

وزمن الري اليومي t_i على فرض أن أقصى احتياج مائي يومي ٣٢ لتر/يوم

$$t_i = \frac{32 \text{ liter / day}}{2 \text{ emitters} \times 4 \text{ l/h}} = 4 \text{ hours}$$

ولحساب عدد النقاطات للتفاح يزرع ٣ × ٤ متر في تربة رملية وأقصى احتياج مائي يومي ٦٤ لتر/يوم.

$$N = \frac{0.33 \times 3 \times 4}{1.8 \text{ m}^2} \cong 2$$

$$t_i = \frac{64 \text{ liter / day}}{2 \text{ emitters} \times 8 \text{ l/h}} = 4 \text{ hours}$$

٣- حساب عمق ماء الري الصافي

$$D_n = A_w \times Z \times \text{dep.} \times P_w$$

حيث Z : عمق منطقة الجذور بالمتري.

A_w : عمق ماء الري المتاح بالتربة /م/متر

dep. : نسبة الاستنفاد المسموح بها للرطوبة بالتربة وهي تساوي في

الري بالتنقيط حوالي ٠,٣٠ وهي منخفضة عن الري السطحي

والري بالرش حيث تبلغ ٠,٥٠ لأن الرطوبة المختزنة بالتربة

قليلة في التنقيط.

d_n : عمق ماء الري الصافي.

P_w : نسبة الابتلال وهي تتراوح بين ٠,٣٣ - ٠,٦٦ حيث أن في

الري بالتنقيط تبطل جزء من سطح التربة فقط بعكس الري

السطحي والري بالرش.

مثال:

احسب عمق ماء الري الصافي في الري بالتنقيط إذا كان عمق الماء

المتاح بالتربة ٨٠ مم/متر وعمق الجذور ١ متر ونسبة الاستنفاد للرطوبة

٣٠% ونسبة الابتلال ٥٠%.

الحل

$$d_n = 80 \times 1.0 \times 0.30 \times 0.50 = 12 \text{ mm}$$

٤- حساب الاستهلاك المائي في الري بالتنقيط

يختلف الاستهلاك المائي في الري بالتنقيط عن طرق الري الأخرى

حيث تقل المساحة المبثلة في الري بالتنقيط عن طرق الري الأخرى. وحيث

أن المساحة المبثلة تساوي المساحة المظللة فقد أدخل معامل للتخفيض لتعديل

الاستهلاك المائي في الري بالتنقيط كما يلي:

$$ET_t = Et_0 \times k_c \times k_r$$

حيث ET_t : الاستهلاك المائي في الري بالتنقيط.

Et_0 : جهد البخر نتج القياسي

k_c : معامل المحصول التقليدي والمستخدم في الري السطحي والرش.

k_r : معامل النقص أو التخفيض وله طرق عديدة لحسابه.

طرق حساب معامل التخفيض Reduction Factor

١- الطريقة المبسطة (Keller and Karmeli (1974)

$$k_r = \frac{GC}{85}$$

حيث GC: نسبة المساحة المظللة كنسبة مئوية أو النسبة المئوية للغطاء النباتي Ground Cover وعندما يصل الغطاء والنباتي لأكثر من ٨٥% يؤخذ معامل النقص مساوياً الواحد الصحيح.

ب- الطريقة الدقيقة لكتاب الفاو رقم ٥٦ Allen, 1998

وهو أحدث تعديل في حساب الاحتياجات المائية حيث يتم حساب معامل المحصول في حالة الري بالتنقيط باستخدام المساحة المظللة (GC) وارتفاع النبات h ويمكن وضع تعديل الفاو في صورة مبسطة تتماشى مع ما تم شرحه سابقاً كما يلي:

$$k_r = \frac{k_{c \min}}{k_{c \text{ full}}} + \left(1 - \frac{k_{c \min}}{k_{c \text{ full}}}\right) \times GC^{\frac{1}{1+h}}$$

ولتبسيط المعادلة السابقة يتم أخذ أقل معامل محصول $k_{c \min} = 0.15$ وأخذ أعلى محصول $k_{c \text{ full}} = 1.2$ وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$k_r = 0.125 + 0.875 GC^{\frac{1}{1+h}}$$

ومن الجدير بالذكر هنا أن Keller and Bliesner, 1990 استخدم معادلة أخرى وهي

$$k_r = 0.1 \sqrt{GC}$$

فإذا قمنا بالتعويض في معادلة الفاو $h = 0.70$ m فإننا نصل إلى معادلة كيلر ودعنا نوضح ذلك عند $GC = 50\%$

$$k_r = 0.125 + 0.875 (0.50)^{\frac{1}{1+0.70}} = 0.707$$
 معادلة الفاو

$$k_r = 0.1 \sqrt{50} = 0.707 \quad \text{Keller, 1990}$$
 وبالتعويض في معادلة

أما المعادلة المبسطة Keller, 1975

$$k_r = \frac{GC}{85} = \frac{50}{85} = 0.59$$

وعلى ذلك يتضح أن معادلة الفاو تأخذ ارتفاع النبات في الاعتبار أما المعادلات الأخرى فتهمل ارتفاع النبات. ويؤثر ارتفاع النبات في مقاومة الهواء الديناميكية فهي تقلل من سرعة الهواء فوق الغطاء النباتي.

٥- حساب كفاءة إضافة المياه في الري بالتنقيط

عند تصميم شبكة الري بالتنقيط نعتبر كفاءة إضافة المياه مساوية لكفاءة توزيع المياه التصميمية Design distribution uniformity والتي يتم حسابها كما يلي:

$$EU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{n}}\right) \frac{q_{\min}}{q_{\text{av}}}$$

حيث n : عدد النقاط لكل نبات

CV: معامل الاختلاف في تصنيع النقاطات

q_{\min} : أقل تصرف للنقاط خلال القطعة

q_{av} : متوسط التصرف للنقاط خلال القطعة

ويقصد بالقطعة Block أو قد يطلق عليها المحبس بذلك الجزء المستقل بمحبس خاص ويتركب من مجموعة خطوط تنقيط ومشعب وقد تكون خراطيم التنقيط علي جانب واحد أو جانبيين من المشعب.

٦- حساب التصريف المطلوب للشجرة

$$q_{tree} = \frac{ET_c \times s_r \times s_m}{T \times E_a}$$

حيث q_{tree} : التصريف المطلوب للشجرة باللتر/س

ET_c : الاستهلاك المائي المعدل للتنقيط مم/يوم

s_r : المسافة بين الأشجار داخل الصف بالمتر

s_m : المسافة بين صفوف الأشجار بالمتر

T : عدد ساعات الري اليومي

E_a : كفاءة إضافة المياه في الري بالتنقيط وفي بعض الأحيان تؤخذ

مساوية EU كفاءة انبعاث أو توزيع المياه.

٧- تحديد فرق ضغط المسموح به في الري بالتنقيط

Determining the allowable pressure

difference

لقد استعرضنا في الري بالرش أن الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE وضعت الحد المسموح به للتغيير في الضغط بمقدار ٢٠% من متوسط ضغط التشغيل للرشاش. وفي الواقع كان هذا ناتجاً من أن السريان في الرشاش اضطرابي وبالتالي فإن التغيير في الضغط هو ضعف التغيير في التصريف حيث أن التغيير في التصريف المسموح به هو ١٠% ($\pm 5\%$) أما إذا كان السريان اضطرابي فإن التغيير في الضغط يساوي التغيير في التصريف ولوضع ذلك بصورة عامة فإنه إذا كانت معادلة التصريف للنقاط هي

$$q = k P^x$$

$$\frac{dq}{q} = x \frac{dP}{P} \quad \frac{dP}{P} = \frac{1}{x} \frac{dq}{q}$$

وبالتالي فإن $x = 0.5$ في حالة السريان الاضطرابي ، $x = 1.0$ في حالة السريان الرقائقي.

وخلاصة ذلك فإن فرق الضغط المسموح به في قطعة الري بالتنقيط

$$\Delta P = \frac{1}{x} \left(\frac{dq}{q} \right) \times h_{av} \quad (\text{المحبس}) \text{ Block تساوى}$$

ولتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي:

إذا كانت معادلة النقاط المستخدم هي: $q = 0.855 H^{0.67}$ وأن المطلوب الحصول على تصرف ٤ لتر/س فأوجد متوسط ضغط التشغيل وكذلك الفاقد في الضغط المسموح به في قطعة الري بالتنقيط (خطوط التنقيط+المشعب) بحيث لا يتعدى التغيير في التصريف عن ١٠%

بالتعويض في معادلة تصرف النقاط بالتصرف المطلوب نحصل على

ضغوط التشغيل المطلوب للنقاط

$$4 = 0.855 H^{0.67} \quad H = 10 \text{ m}$$

أي أن ضاغط التشغيل المتوسط للنقاط $h_{av} = 10 \text{ m}$

ويكون فرق الضاغط المسموح به هو

$$\Delta h = \frac{1}{0.67} (0.10) \times h_a$$

$$= 0.15 h_a$$

$$= 0.15 \times 10 = 1.5 \text{ m}$$

وقد أصطلح على تقسيم الحد المسموح به للفاقد في الضغط داخل القطعة Block والتي تحتوى على خطوط التنقيط والمشعب كما يلي:

$$\Delta h \begin{cases} \rightarrow 0.55 \text{ for lateral line} \\ \rightarrow 0.45 \text{ for manifold} \end{cases}$$

وفى هذا المثال يتم توزيع الفاقد المسموح به وهو ١,٥ متر كما يلى:

$$\Delta h \text{ for lateral} = 0.55 \times 1.5 = 0.825 \text{ m}$$

$$\Delta h \text{ for manifold} = 0.45 \times 1.5 = 0.675 \text{ m}$$

طريقة أخرى لتحديد فرق الضغط المسموح به فى قطعة التنقيط

بدلاً من تحديد نسبة ١٠% تغير فى تصرف النقاطات داخل القطعة

كما حددتها الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE يتم استنتاجها من

معادلة حساب كفاءة توزيع المياه التصميمية Design distribution

uniformity كما يلى:

$$EU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{n}} \right) \frac{q_{min}}{q_{av}}$$

حيث n : عدد النقاطات لكل نبات

CV : معامل الاختلاف فى تصنيع النقاطات

q_{min} : أقل تصرف للنقاط خلال القطعة

q_{av} : متوسط التصرف للنقاط خلال القطعة

مثال:

$$CV = 0.025 \quad x = 0.67 \quad h_{av} = 10 \text{ m} \quad n = 2$$

فإذا كان المطلوب تحقيق كفاءة توزيع مياه قدرها ٩٠% فإن:

$$\frac{q_{min}}{q_{av}} = \frac{0.90}{1 - 1.27 \left(\frac{0.025}{\sqrt{2}} \right)} = 0.92$$

$$\frac{P_{min}}{P_{av}} = \left(\frac{q_{min}}{q_{av}} \right)^{\frac{1}{x}}$$

$$= (0.92)^{\frac{1}{0.67}} = 0.883$$

$$P_{min} = 10 \times 0.883 = 8.83 \text{ m}$$

تقليدياً يتم حساب التغير المسموح به فى الضغط بين النقاطات خلال القطعة كما يلى:

$$\Delta h = 2 \times (h_{av} - h_{min})$$

$$= 2 \times (10 - 8.83) = 2.34 \text{ m}$$

ويلاحظ أن الفاقد المسموح به فى الضغط بين النقاطات لا يشمل

الخطوط الرئيسية بل يشمل خطوط التنقيط وخطوط المشعبات أى ابتداءً من

نقطة تنظيم الضغط أو محبس التحكم فى القطعة Block.

ويلاحظ أن هذه الطريقة تعطى نتائج أعلى من الطريقة السابقة ولذلك

تعتبر الطريقة السابقة أكثر تحفظاً.

الفاقد فى الاحتكاك فى خط التنقيط:

لتقدير الفاقد فى الاحتكاك فى أنابيب التنقيط المصنعة من البولي

إيثيلين PE نستخدم معادلة هيزن وليامز بمعامل $C = 140$ ومعامل تخفيض

F يعتمد على عدد النقاطات بالخط. ويوجد الفاقد فى الضغط نتيجة اتصال

النقاط بالخط emitter connection head loss ويعبر عنه بطول مكافئ

equivalent length من خط التنقيط (f_e) بنفس القطر الداخلى له D (مم)

لأربعة أنواع من التوصيل (SCS 1984) كما يلى:

$$f_e = \frac{23.04}{D^{1.84}} \quad (m) \quad \text{For large connection (قطر ٧,٥ مم)}$$

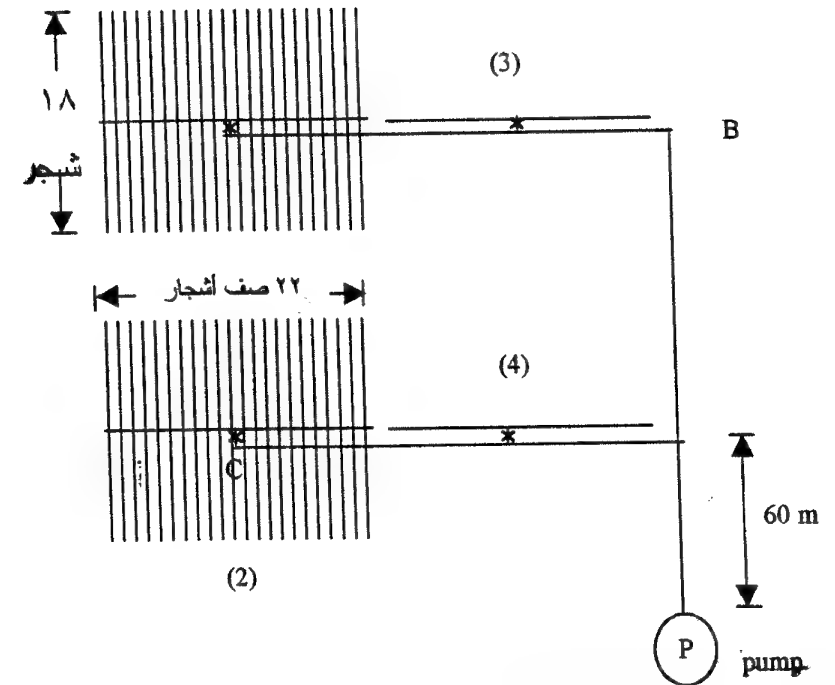
$$f_e = \frac{18.91}{D^{1.87}} \quad (m) \quad \text{For standard connection (قطر ٥ مم)}$$

$$f_e = \frac{14.38}{D^{1.89}} \quad (m) \quad \text{For small connection (قطر ٣,٨ مم)}$$

$$f_e = 0.23 \quad (m) \quad \text{For inline connection}$$

ويعبّر عن الطول المكافئ لخط التنقيط f_e بالمتر ويمكن إضافة الفاقد نتيجة اتصال النقاط بخط التنقيط في معادلة حساب الفاقد في الاحتكاك عن طريق معرفة المسافة بين النقاطات على الخط s_e كما يلي:

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times L}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times F \times \frac{s_e + f_e}{9}$$



صمم نظام الري بالتنقيط لري بستان فواكه بالحديقة والتخطيط للتخطيط الموضح بالشكل وكانت المعلومات المتاحة كما يلي:

١- الحقل مستوى.

٢- أقصى وقت مسموح به لري القطعة في اليوم ٤ ساعة

٣- معادلة تصريف النقاط $q = 1.93 H^{0.67}$

حيث q تصريف النقاط لتر/س

H ضاغط التشغيل متر والتصرف الاسمي للنقاط ٨ لتر/س

٤- أقصى ضاغط للسحب عند المضخة ٤,٥ متر وضاغط السحب الموجب للمضخة ٤ متر.

٥- أقصى استهلاك مائي يومي للتنقيط ٤,٥٥ مم/يوم.

٦- كفاءة إضافة المياه ٨٥%.

٧- تزرع الأشجار على مسافات ٥ x ٥ متر

٨- القطعة ١ ، ٢ تروى في نفس الوقت ثم يعقبها رى القطعتين ٣ ، ٤

الحل

$$\text{Length of lateral} = (18 - 1) \times 5 = 85 \text{ m}$$

$$\text{Length of manifold} = (22 - 1) \times 5 = 105 \text{ m}$$

$$\text{Length of sub main AC , BD} = (22 + 11) \times 5 = 165 \text{ m}$$

$$\text{Length of sub main AB} = 18 \times 5 = 90 \text{ m}$$

حساب التصريف اللازم للشجرة الواحدة

$$q = \frac{ET_t \times s_t \times s_e}{T \times E_s} = \frac{4.55 \times 5 \times 5}{4 \times 0.85} = 33.45 \text{ l/h}$$

وحيث أن النقاطات المتاحة تصرفها الاسمي ٨ لتر/س

∴ نختار ٤ نقاط للشجرة وبذلك يكون تصرف النقاط المطلوب

$$q_e = \frac{33.45}{4} = 8.36 \text{ l/h}$$

نعوض في معادلة النقاط بالتصرف ٨,٣٦ لتر/س لإيجاد ضاغط التشغيل المتوسط h_{av}

$$q = 1.93 H^{0.67} \quad h_{av} = 9 \text{ m}$$

ولإيجاد الحد المسموح به للفاقد في الضغط

$$\Delta h = \frac{1}{x} \left(\frac{dq}{q} \right) \times h_{av} = \frac{1}{0.67} \times 0.1 \times 9 = 1.35 \text{ m}$$

$$\Delta h \text{ for half lateral} = 1.35 \times 0.55 = 0.7425 \text{ m}$$

$$\Delta h \text{ for half manifold} = 1.35 \times 0.45 = 0.6075 \text{ m}$$

ويمكن تلخيص نتائج الإحتكاك في الخطوط في الجدول التالي :-

Line	Q (m ³ /h)	L (m)	F	D _o (mm)	D _i (mm)	H _f (m)
½ lateral	0.301	42.5	0.356	16	13.6	0.6644
½ manifold	6.622	47.5	0.37	50	46.4	0.5234
Sub main AD	13.244	255	1	63	59.2	7.573
Main line	26.488	60	1	90	84.6	1.131

تصميم خط التنقيط

بالتعويض في معادلة هيزن وليامز بالفاقد المسموح به في الإحتكاك

$$h_f = 0.7435 \text{ m} \text{ وطول خط التنقيط } ٤٢,٥ \text{ متر وتصرف } ٠,٣٠١ \text{ م}^٣/\text{س}$$

وقيمة معامل التخفيض $F = 0.356$ المقابلة لعدد نقاط (مخارج) ٣٦ وأول نقاط على بعد نصف المسافة وحيث أن خرطوم التنقيط من البولي إيثيلين ومعامل هيزن وليامز $C = 140$

$$0.7425 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 42.5}{D^{4.87}} \left(\frac{0.301}{140 \times 3.6} \right)^{1.852} \times 0.356$$

$$D = 13 \text{ mm}$$

وحيث أن الخرطوم المتوافرة في الأسواق والمستعملة لخطوط التنقيط تبدأ بقطر خارجي ١٦ مم وداخلي ١٣,٦ مم يتم اختيارها والتعويض مرة أخرى في معادلة هيزن وليامز بقطر داخلي ١٣,٦ مم لإيجاد الفاقد في الإحتكاك كما يلي

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 42.5}{(13.6)^{4.87}} \left(\frac{0.301}{140 \times 3.6} \right)^{1.852} \times 0.356$$

$$= 0.596 \text{ m}$$

ولإيجاد الفاقد في الضغط نتيجة توصيل النقاطات بخرطوم التنقيط نفترض أن الوصلة قياسية لذلك نوجد f_e الطول المكافئ للفاقد في الضغط نتيجة تركيب النقاط في الخط

$$f_e = \frac{18.91}{D^{1.87}} = \frac{18.91}{(13.6)^{1.87}} = 0.1435$$

لذلك فإن الفاقد الكلي في الضغط لخط التنقيط يساوي

$$h_f = 0.596 \frac{s_e + f_e}{s_e}$$

$$= 0.596 \frac{1.25 + 0.1435}{1.25} = 1.596 \times 1.1148 = 0.6644 \text{ m}$$

تصميم المشعب

بالتعويض في معادلة هيزن وليامز واختيار قطر الخط PVC بقطر ٥٠ مم خارجي (٤٦,٤ مم داخلي) ومعامل هيزن وليامز $C = 150$ ومعامل تخفيض $F = 0.37$ حيث عدد المخارج ١١ وأول مخرج على بعد نصف المسافة.

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 52.5}{(46.4)^{4.87}} \left(\frac{0.602 \times 11}{150 \times 3.6} \right)^{1.852} \times 0.37$$

$$= 0.5234 \text{ m}$$

تصميم الخط الفرعي A - D

نصمم قطر الخط أولاً بحيث لا تتعدى سرعة المياه داخل الخط ١,٥ م/ث

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{V}} = 18.8 \sqrt{\frac{13.244}{1.5}} = 55.86 \text{ mm}$$

نختار القطر الأقرب من مواسير PVC وهو ٦٣ مم خارجي (٩٥,٢ مم داخلي) ولإيجاد الفاقد في الاحتكاك يتم التعويض في معادلة هيزن وليامز كما يلي

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 255}{(59.2)^{4.87}} \left(\frac{13.244}{150 \times 3.6} \right)^{1.852}$$

$$= 7.573 \text{ m}$$

ويجب التأكد من أن الفاقد في الضغط بالاحتكاك لا يتعدى المسموح به وهو ٤ متر/١٠٠ متر كما يلي

$$J = 7.573 \times \frac{100}{255} = 2.969 \text{ m/100m}$$

وبالتالي فإن الفاقد يقل عن الحد المسموح به

تصميم الخط الرئيسي

نوجد قطر الخط بحيث لا تتعدى سرعة المياه ١,٥ م/ث

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{V}} = 18.8 \sqrt{\frac{26.488}{1.5}} = 79 \text{ mm}$$

وحيث أن الأقطار المتوافرة في الأسواق لمواسير PVC والقريبة من هذا القطر هي

٧٥ مم (٧٠,٦ مم داخلي)

٩٠ مم (٨٤,٦ مم داخلي)

بالتعويض في القطر الأكبر

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 60}{(84.6)^{4.87}} \left(\frac{26.488}{150 \times 3.6} \right)^{1.852}$$

$$= 1.1306 \text{ m}$$

$$J = 1.1306 \times \frac{100}{60} = 1.8843$$

وبالتعويض في القطر الأصغر

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 60}{(70.6)^{4.87}} \left(\frac{26.488}{150 \times 3.6} \right)^{1.852}$$

$$= 2.7285 \text{ m}$$

$$J = 2.7285 \times \frac{100}{60} = 4.547 \text{ m/100m}$$

الفاقد يتعدى المسموح به وهو ٤ م/١٠٠ م وأيضاً يتعدى السرعة

المسموح بها لذلك يتم اختيار القطر الأكبر ٩٠ مم.

الفوائد الثانوية في الخطوط الفرعية والرئيسية

يمكن إيجاد الفوائد الثانوية بطريقة تقريبية وهى ٢٠% من مجموع الفوائد فى الاحتكاك.

$$H_v = 0.20 (7.573 + 1.1306) = 1.74$$

قدرة المضخة

$$\begin{aligned} TDH &= H_s + NPSH + H_f + h_{av} + \frac{3}{4}(h_{f_{main}} + h_{f_{sub}}) \\ &= 4.5 + 4 + 1.2 (7.57 + 1.13) + 9 + \frac{3}{4}(0.66 + 0.52) \\ &= 8.5 + 10.44 + 9 + 0.89 = 28.83 \text{ m} \end{aligned}$$

يضاف إلى الضغط المحسوب الضاغط اللازم لمحطة التحكم

Control Head وتشمل

الفاقد فى الفلتر الشبكي ٢ - ٤ متر

الفلتر الرملى ٤ - ٧ متر

جهاز حقن الأسمدة ٥ - ١٠ متر

إجمالى ١١ - ٢١ متر

وسوف نأخذ هنا الفاقد في محطة التحكم ١٥ متر

أى أن الضاغط الديناميكي الكلى المطلوب من المضخة

$$TDH = 28.83 + 15 = 43.83 \text{ m}$$

$$HP_{\text{pump}} = \frac{Q \times TDH}{270 \times E_p}$$

$$= \frac{26.488 \times 43.83}{270 \times 0.70} = 6.14$$

وذلك بفرض كفاءة المضخة ٧٠، ولإيجاد قدرة المحرك بفرض أنه كهربى وكفاءته ٨٥% فإن قدرة المحرك الكهربى المطلوب

$$HP_{\text{motor}} = \frac{6.14}{0.85} = 7.22$$

وبذل نختار محرك كهربى قدرته ٧،٥ حصان.

ونلاحظ أنه فى هذا المثال مساحة الحقل ١٠ فدان ويروى نصف الحقل فى ٤ ساعات والنصف الآخر فى ٤ ساعات أخرى أى أن أقصى ساعات تشغيل يومية هى ٨ ساعات فى اليوم ونلاحظ أيضا أن هذه الشبكة كافية لإضافة كمية مياه قدرها ٢٢،٥ م^٣/فدان. يوم عند أقصى الاحتياجات لأشجار موالح تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر على فرض أن جهد البخر نتج ٧ مم/يوم ومعامل المحصول ٠،٦٥ ويمكننا إعداد قائمة بالمواد المطلوبة وتسعيرها لحساب تكلفة إنشاء شبكة الري بالتنقيط كما يلى

كشف المهمات المطلوبة لتنفيذ شبكة الري بالتنقيط وعرض الأسعار

م	الوصف	الوحدة	لكمية	سعر الوحدة (جنيه)	إجمالي السعر (جنيه)
١	خرطوم تنقيط PE ١٦ مم بسمك ١,٢ مم	متر	٧٦٠٠	٠,٣٥	٢٦٦٠
٢	نقطة ٤ لتر/س	عدد	١٥٨٤	٠,٢٥	٣٩٦
٣	جرونت ١٦ مم بالجوان	عدد	١٧٦	٠,١٥	٢٦,٤
٤	نظارة PE ١٦ مم (نهائية للخرطوم)	عدد	١٧٦	٠,٠٤	٧,٠٤
٥	خرامة نقلاط	عدد	١	١٥	١٥
٦	مواسير PVC ٦ جوى ٥٠ مم	متر	٤٢٠	٢,١١	٨٨٦,٢
٧	مواسير PVC ٦ جوى ٦٣ مم	متر	٤٢٠	٢,٩	١٢١٨
٨	مواسير PVC ٦ جوى ٩٠ مم	متر	٦٠	٥,٨٣	٣٤٩,٨
٩	لصق PVC	كيلو	٢	٤٠	٨٠
١٠	تية PVC حقن ٦٣ مم	عدد	٨	١٠	٨٠
١١	مسلوب ٥٠ / ٦٣ حقن PVC	عدد	٨	٢,٧	٢١,٦
١٢	كوع ٦٣ مم حقن PVC	عدد	١٧	٨,٢٠	١٣٩,٤
١٣	مسلوب ٦٣ / ٩٠ مم حقن PVC	عدد	٢	٧	١٤
١٤	محبس بليه ١,٥ بوصة	عدد	٨	٢٠	١٦٠
١٥	رأس خط ١,٥" / ٥٠ مم PVC	عدد	٨	٥	٤٠
١٦	كوع حقن PVC ٤٥ درجة ٥٠ مم	عدد	٨	٥,٣	٤٢,٤
١٧	تية ٩٠ مم PVC حقن	عدد	١	٢٣	٢٣
١٨	محبس بليه ٢ بوصة	عدد	٤	٣٠	١٢٠
١٩	رأس خط ٦٣ / ٢٢ مم PVC حقن	عدد	٨	٥	٤٠
٢٠	محبس هواء ١ بوصة	عدد	١	١٢٥	١٢٥
٢١	عداد ضغط ٦ جوى ٠,٢٥ بوصة	عدد	٢	٤٥	٩٠
٢٢	جهاز حقن لسمدة فنتورى ١ بوصة	عدد	١	٤٥٠	٤٥٠
٢٣	محطة فلاتر مزودة بعدد ٢ فلتير رملى ٢٠ بوصة وعدد ٢ فلتير شبكى ٢ بوصة ومحابس الفسيل	عدد	١	٥٠٠٠	٥٠٠٠
٢٤	حفر خنادق بعق ٦٠ سم	متر	٥٨٥	١,٢٥	٧٣١,٢٥
٢٥	تركيب مهمات شبكة الري بالتنقيط	فدان	١٠	١٥٠	١٥٠٠
٢٦	مضخة طاردة مركزية بمحرك كهربى مسعتها ٢٧ م/٣ س عند ضغط ٤,٥ جوى وقدرة المحرك ٧,٥ حصان كاملة بوصلة السحب ومحبس للقدم والمصفاة ومحبس للطرود وعدم الرجوع	عدد	١	٣٥٠٠	٣٥٠٠
إجمالي					١٧٧١٥,٠٩

تكلفة توريد وتركيب شبكة الري بالتنقيط فاكهة = ١٧٧١,٥١ جنيه / فدان.

١٦

التحليل الاقتصادي لنظم الري

Economic Analysis of Irrigation System

يقوم للمزارع بتركيب نظام الري المتطور للحصول على عائد مادي مرتفع نتيجة الحصول على إنتاج مرتفع. ولهذا فمن الضروري حساب جميع عناصر التكاليف لنظام الري. وبالتالي يمكن مقارنة إجمالي التكاليف بالعائد أو الزيادة فى الدخل. ويجب التوضيح هنا أن اعتبار تكلفة نظام الري هي تكلفة شراؤه أو إنشاؤه فقط تعتبر مضللة misleading فتكلفة الشراء أو الإنشاء initial cost غالبا ما تقل عن ثلث التكاليف الكلية لنظام الري. وسوف نستعرض هنا الدليل Guide لحساب عناصر التكاليف لنظام الري.

وسوف نستخدم هنا معامل استرداد رأس المال Capital Recovery

Factor (CRF) فهو يجمع بين الاستهلاك depreciation والعائد على

رأس المال interest on investment فى رقم واحد. فعند ضرب هذا الرقم

في سعر شراء المعدة نحصل بدقة على التكلفة السنوية للمعدة equipment costs per year. ويجب حساب عناصر التكاليف الآتية:

١- التكلفة الثابتة Fixed Costs

تشمل التكاليف الثابتة على جميع بنود الإنشاء والمعدات وحفر الآبار وإنشاء خطوط الأنابيب والجدول التالي يوضح العمر الافتراضي لمكونات نظام الري

مكونات نظام الري	سنوات الاستهلاك
البئر (well)	٢٥
المضخة (pump)	١٥
المحرك (power unit)	
ديزل (Diesel)	١٥
كهرباء (Electric)	٢٥
منشآت خرسانية (concrete structures)	٢٠
أنابيب خرسانية (concrete pipelines)	٢٠
أنابيب PVC مدفونة واسبستوس سميت	٤٠
أنابيب صلب مغطى مدفونة	٢٠
Pipe, steel, coated, underground	
أنابيب ألومنيوم Aluminum pipe	١٥
رشاشات (sprinkler pipe)	٨
نقاطات (trickle emitters)	٨
فلتر (trickle filters)	١٥
خرطوم تنقيط	١٠

معامل استرداد رأس المال CRF

Estimated Life Years	Compound Interest Rate % سعر الفائدة السنوية على رأس المال									
سنوات العمر الافتراضي	3	5	6	7	8	9	10	11	12	15
4	0.2690	0.2820	0.2886	0.2952	0.3019	0.3087	0.3155	0.3223	0.3292	0.3503
5	0.2184	0.2310	0.2374	0.2439	0.2505	0.2571	0.2638	0.2706	0.2774	0.2983
6	0.1846	0.1970	0.2034	0.2098	0.2163	0.2229	0.2296	0.2364	0.2432	0.2642
7	0.1605	0.1728	0.1791	0.1856	0.1921	0.1987	0.2054	0.2122	0.2191	0.2404
8	0.1425	0.1547	0.1610	0.1675	0.1740	0.1807	0.1874	0.1943	0.2013	0.2229
9	0.1284	0.1407	0.1470	0.1535	0.1601	0.1668	0.1736	0.1806	0.1877	0.2098
10	0.1172	0.1295	0.1359	0.1424	0.1490	0.1558	0.1627	0.1698	0.1770	0.1993
15	0.0838	0.0963	0.1030	0.1098	0.1168	0.1241	0.1315	0.1391	0.1468	0.1710
20	0.0672	0.0802	0.0872	0.0944	0.1019	0.1095	0.1175	0.1256	0.1339	0.1598
25	0.0574	0.0710	0.0782	0.0858	0.0937	0.1018	0.1102	0.1187	0.1275	0.1547
40	0.0433	0.0583	0.0665	0.0750	0.0839	0.0930	0.1023	0.1117	0.1213	0.1506

ويتم حساب معامل استرداد رأس المال CRF من المعادلة الآتية أيضا

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

١٨٠٠ جنيه

رشاشات

١٢٠٠٠ جنيه

مضخة بمحرك كهربائي

تصرف المضخة ١٠٨ م^٣/س عند ضغط ٥٠ متر وقدرة ٣٠ حصان.**أولاً التكاليف الثابتة Fixed costs**

١- المضخة والمحرك سعر الشراء = ١٢٠٠٠ جنيه - عمر = ١٥ سنة - سعر الفائدة ١٠%
 من الجدول CRF = 0.1315

$$\text{Cost per year} = 12000 \times 0.1315 = 1578 \text{ L.E}$$

٢- خطوط رئيسية سعر الشراء = ٨٠٠٠ جنيه - عمر = ٤٠ سنة - سعر الفائدة ١٠%
 من الجدول CRF = 0.1023

$$\text{Cost per year} = 8000 \times 0.1023 = 818.4 \text{ L.E}$$

٣- خطوط الرش سعر الشراء = ٦٠٠٠ جنيه - عمر = ١٥ سنة - سعر الفائدة ١٠%
 من الجدول CRF = 0.1315

$$\text{Cost per year} = 6000 \times 0.1315 = 789 \text{ L.E}$$

٤- رشاشات سعر الشراء = ١٨٠٠ جنيه - عمر = ٨ سنة - سعر الفائدة ١٠%
 من الجدول CRF = 0.1874

$$\text{Cost per year} = 1800 \times 0.1874 = 337.32 \text{ L.E}$$

$$\text{Total per year} = 3522.72 \text{ L.E}$$

حيث i: سعر الفائدة السنوية على رأس المال كنسبة كسرية interest rate decimal

n: عدد سنوات العمر الافتراضي

التكاليف السنوية = معامل استرداد رأس المال x سعر الشراء أو التكلفة الإنشائية

٣- التكاليف المتغيرة**Annual Operation & Maintenance costs**

تشمل التكاليف المتغيرة على عمالة الري وتكلفة الوقود أو الكهرباء والصيانة لأجهزة الري أو المجارى المائية أو التسوية leveling. ولتوضيح كيفية القيام بحسابات التكاليف لنظام الري دعنا نأخذ مثال يلقي الضوء ويمكن الاستعانة به كدليل لحساب بنود التكاليف لأي نظام ري.
 مثال:

مزرعة مساحتها ٤٠ فدان تروى بالرش النقالى. مصدر المياه سطحي عبارة عن فرع ري بجانب المزرعة. ولا يوجد تسعير للمياه No charge for water ويغطى نظام الري بالرش النقالى Hand move system مساحة المزرعة خلا ٤ أيام (الفترة بين الريات). ونفترض أن موسم النمو للمحصول ١٢٠ يوم (عدد الريات ٣٠ رية) ويعمل خطين ري بالرش طول كل خط ٢٧٠ متر والمسافات بين الرشاشات = ٩ × ١٨ متر وكانت تكلفة الشراء والتتركيب كما يلى:

٨٠٠٠ جنيه

خطوط رئيسية

٦٠٠٠ جنيه

خطوط رش

ثانياً: التكاليف المتغيرة Operating costs

- ١- عمالة الري: تحسب عمالة الري على أساس عامل ري لكل خط (٢٠ فدان) ولجرة العامل في اليوم ١٠ جنيه.
تكلفة العمالة = ٢ عامل × ١٠ جنيه / يوم × ١٢٠ يوم = ٢٤٠٠ جنيه.
- وقد تحسب تكلفة العمالة على أساس ٠,٦٣ ساعة لكل فدان في الريه وتكلفة الساعة ٣ جنيه
- تكلفة العمالة = ٠,٦٣ × ٤٠ × ٣٠ رية × ٣ جنيه/ ساعة = ٢٢٦٨ جنيه
- ٢- تكلفة الكهرباء: القدرة الفعلية للمحرك ٣٠ حصان أى ١,٣٦/٣٠ = ٢٢ كيلووات وحيث أن ساعات التشغيل اليومي لنظام الري ١٢ ساعة في اليوم وأن موسم النمو للمحصول ١٢٠ يوم وعلى فرض أن سعر الكهرباء المدعم ٧ قروش لكل كيلووات . ساعة فإن تكلفة الكهرباء تحسب كما يلي:

$$\text{Power cost} = 22 \text{ KW/hr} \times 120 \text{ day} \times 12 \text{ hours/day} \times 0.07 \text{ L.E/KW.hr} \\ = 2217.6 \text{ L.E}$$

ونلاحظ أن تكلفة استهلاك الكهرباء تساوى ٢٢١٧,٦ / ٤٠ فدان = ٥٥ جنيه/ فدان في الموسم وتساوى ١١٠ جنيه للفدان خلال السنة (موسمين) بالمقارنة بسعر الكهرباء التى يقوم بدفعها الخريج فى السنة عن الفدان لمؤسسة الكهرباء وهى ٨٥ جنيه للفدان.

وبذلك تكون التكاليف الكلية لنظام الري بالرش النقالى لمساحة ٤٠ فدان كما يلي:

Total Costs			
Fixed costs	3522.72	L.E	
Labor costs	2268.00	L.E	× 2 season / year =
	4536	L.E	
Power costs	2217.6	L.E	× 2 season / year =
	4435.2	L.E	
Total cost	12493.92	L.E	
Cost per Feddan per year = $\frac{12493.92}{40} = 312.35 \text{ L.E}$			

References

المراجع

- Allen, R.G., Jensen M.E., Wright, J.J. and Burman, R.D., 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. Agron. J., 81, 650-662.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guid for computing crop water requirements. FAO Irrig.& Drain. Paper No. 56.
- Anon 1983. Sprinkler Irrigation. Ch. 11. Sec. 15 (Irrigation) of SCS National Engineering Handbook, 121 pp.
- ASAE Standards 1999. S. Josph, MI USA.
- Bliensner, R.D., and J. Keller. 1982. Diesel Powered Pumping for Irrigation. 2nd ed. Detroit, Michigan: Detroit Diesel Allison Division of General Motors Crop.
- Boswell, M.J. 1990. Micro-Irrigation Design Manual. By James Hardie Irrigation, Inc.
- Brater, E.F. and H.W. King. 1976 Handbook of Hydraulics. New York Mc Graw Hill.
- Burt, C.M. 1995. The Surface Irrigation Manual Waterman Industries, Inc. Ca. USA.

- FAO Irrig.& Drain. Paper No. 36. Localized Irrigation, 1980.
- FAO Irrig.& Drain. Paper No. 39. Lysimeters, 1982.
- FAO Irrig.& Drain. Paper No. 49. CLIMWAT for CROPWAT, 1993.
- Featherstone, R.E. and C. Nalluri 1982. Civil Engineering Hydraulics. ELBS Collins.
- Fraenkel, P.L. 1986. Water lifting Devices. Irrigation & Drainage Paper No. 43, Fao, Rome.
- Gray, A.S. (1961). Sprinkler Irrigation Hand book, 7th ed., Rain Bird sprinkler Mfg. Crop. Glendora, Calif.
- Hagan, R.M., H.R. Haise, and T.W. Edminster (1967). Irrigation of Agricultural Lands monograph 11. Am. Soc. Agron., Madison, wisc.
- Hansen, V.E., O.W. Israelsen, and G.E. Stringham. 1980. Irrigation Principals and practices, Fourth edition, New York: John Wiley and sons.
- Hoffman, G.J., T.A. Howell, and K.H. Solomon ed. 1990. "Management of farm Irrigation system". An ASAE Monograph.
- Israelson, D.W., and V.E. Hansen 1980. Irrigation principles and practices 4th ed., Wiley, New York.
- James, Larry G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design John Wiley & Sons.
- Jensen, M.E., ed., "Design and operation of Frame Irrigation System," Monograph no. 3, American

- Camp, C.R., E.J. sadler, and R.E. Yoder ed. 1996. "Evapotranspiration and Irrigation Scheduling". Proceedings of the international conference Nov. 3-6 1996, San Antonio, Texas. Published by ASAE.
- Catalogues of Railbird, Nelson, Hunter, James Hardie, Amiad, Netafim, Naan, Dan, Bermad, and Valley.
- Cherkassky, V. 1990. Pumps Fans Compressors. Mir Publishers Moscow, English translation.
- Chow, Ven Te. 1959. Open channel Hydraulics Mc Graw-Hill Book Company, NY. 680PP.
- Cuenca, R.H. 1989. Irrigation system. Design. An Engineering Approach. Prentice Hall. Englewood cliffs, New Jersey.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. Irrig. Drain. Pap. 33, FAO, Rome, Italy. 169 pp.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W.D., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrig. Drain. Pap. 24, FAO, Rome, Italy.
- Douglas, J.F. 1989. Solving Problems in Fluid Mechanics. ELBS/Longman.
- Douglas, J.F., J.M. Gasiorek, and J.A. Swaffield. 1990. Fluid Mechanics. ELBS / Longman.
- FAO Irrig.& Drain. Paper No. 1. Irrigation Practice and Water Management, 1984.

- Merriam, J.L. and J. Keller 1978 Farm Irrigation system evaluation A guide for management 3rd ed., Utah State Univ., Logan, 285 P.
- Michael, A.M., 1978. Irrigation Theory and Practice. Vikas Publishing House PVT LTD 801 P.
- Nakayama, F.S, and D.A.Bucks. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier Science Publishers B.V.
- Nir, Z. 1982. Pumps and Pumping. In CRC Handbook of Irrigation Technology, ed. H.J. Finkel, vol. 1, pp. 299-338. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Pair, C.H. 1983. Irrigation. Sprinkler Irrigation Assoc. 1397 Connecticut Ave., Silver Spring, MD 20906.
- Prasuhn, Alan L. 1992. Fundamentals of Hydraulic Engineering. Oxford univ. Press, Inc.
- Roberson, J.A. and C.T. Crowe 1980. Engineering Fluid Mechanics Houghton Mifflin Company.
- Rochester, E.W. 1995. Landscape Irrigation Design. ASAE. St. Joseph, Michigan.
- Schwab, G.O., R. Frevert, T. Edminster, and K. Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. Jon Wiley & Sons.
- Simon, A.L. 1981. Practical Hydraulics. John Wiley & Sons.

- Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, 1980.
- Karameli, D., and J. Keller. (1975). Trickle Irrigation Design. Rain Bird sprinkler Mfr. Crop., Glendora, Calif.
- Karassik, I.J., W.C. 1988. Hydraulic Handbook Fairbanks Morse Pump Corporation.
- Karassik, I.J., W.C. Krutzsch, W.H. Fraser, and J.P. Messina. 1976. Pump Handbook. New York: Mc Graw-Hill.
- Keller, J. and R.D. Bliesner. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. AVI Book by an Nostrand Reinhold New York.
- KRAATZ, D.B. 1977. Irrigation Canal Lining. FAO Land and water Development Series No. 1.
- Linsley, R.K., and J.B. Franzini (1979). Water resources engineering. 3rd ed., Mc Graw Hill, New York.
- Lionel rolland, 1982 Mechanized sprinkler irrigation. FAO Paper No. 35.
- Luthin, J.N. 1973. Drainage engineering. R.E. Krieger Publ. Co., Huntington, N.Y., 250 P.
- Melvyn Kay, 1986 Surface irrigation system and Practice. Cranfield press UK.
- Melvyn Kay, 1984 Sprinkler irrigation equipment and Practice, Cranfield Press UK.

- Watkins, J.A. 1987. Turf Irrigation Manual. Dallas, Tex.: Telsco Industries.
- Withers, B. and Stanley Vipond, 1980. Irrigation design and Practice 2nd ed. Cornell Univ. Press.
- Zimmerman, J.D. 1966. Irrigation. John Wiley and Sons, New York, NY.

مراجع عربية

- استراتيجية للموارد المائية لمصر حتى عام ٢٠١٧. ١٩٩٧. وزودة الأشغال العامة والمورد المائية.
- سمير محمد إسماعيل ١٩٨٦. تصميم نظم الري الحقلية. دار الكتاب الجامعي. ٥٤٠ صفحة.
- سمير محمد إسماعيل ٢٠٠١. هيدروليكا المضخات والقنوات المكشوفة. بستان المعرفة. رقم إيداع ١٨٢٥ / ٢٠٠١. I.S.B.N 977-6015-17-4. ٢٨٦ صفحة.
- ضياء الدين القوصي. مقالة بجريدة الأهرام بعنوان " نصيب الفرد في مصر .. الى أين. ١٩٨٨/٨/١٦.
- حازم عبد الرحمن. مقالة بجريدة الأهرام بعنوان " فقر وجوع وحروب أهلية". رسالة عنتيبي. ٢٠٠١/٦/١٢.

- Soil Conservation Service. 1984. Trickle Irrigation. U.S. Dept. of Agric., National Eng. Handbook, Ch. 15, Sec. 15. 129.pp.
- Smith M., 1992. CROPWAT-A Computer program for irrigation planning and management. Irrigation and Drainage paper 46, FAO, Rome, Italy.
- U.S. Soil Conservation Service (1959). "Irrigation Pumping Plants" Irrigation, Section 15, Chapter 8.. Washington D.C
- U.S. Soil Conservation Service (1960) National Engineering Handbook. Sec. 15. Chap 11 Washington, D.C.
- U.S. Soil Conservation service (1974). Border Irrigation, in National Engineering Hand book, Sec. 15, Chap 4. Washington, D.C
- U.S. Dept. of the Interior. 1975. Water Measurement Manual. U.S. Bureau of Reclamation, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 327 pp.
- USBR. 1978. Design of Small Canal Structures. Denver, Colorado.
- Walker, W.R., G.V.Skogerboe.1987. The Theory and Practice of Surface Irrigation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

11. Ismail, S.M. 1993. Development of irrigation crop coefficients for wheat in Al-Qassim region. Arab Gulf J. Science. Res. 11(1). pp. 57-67.
12. Ismail, S.M., and A.W. Etman. 1993. Potatoes yield response under sprinkler and trickle irrigation. Misr J. Ag. Eng., 10(2):300-310.
13. Ismail, S.M. 1993. Hydraulic simulation of drip irrigation system. Alex. J. Agric. Res. 38(2):25-43.
14. Ismail, S.M. 1993. Predicting and improving surface irrigation performance. Alex. J. Agric. Res. 38(3):23-49.
15. Ismail, S.M. 1993. Sprinkler-irrigated wheat production function and mathematical optimization. Alex. J. Agric. Res. 38(3):51-69.
16. Ismail, S.M., A. Metwally, and M. A. Sabbah 1996 Irrigation Systems Evaluation in Desert Farming. Paper presented at the 3rd AUC Research Conference Cairo, April 21-22. Paper presented at the 5th International Conference on Desert Development. Lubbock Texas. August 12-17, 1996.
17. Ismail, S.M., E. R. ElAshry, G. A. Sharaf, and M. N. ElNesr 2001. Computer Aided Design of Trickle Irrigation Systems. Misr J. Ag. Eng. 18(2): 243-260.

بعض البحوث العلمية الخاصة بالمؤلف

1. Ismail, S.M., G.L. Westesen, and W.E. Larsen, 1985. Surge flow border irrigation using an automatic drop gate. Trans. of ASAE. 28(2):532-536.
2. Westesen, G.L., and S. M. Ismail. 1985. Evaporation from washtubs covered by various size screens. applied Engineering in Agriculture of ASAE Vol.1(2): 100-102.
3. Ismail, S.M. 1985. Water distribution under low-pressure center-pivot sprinkler irrigation system. Misr J. Ag. Eng., 2(4): 81-96.
4. Ismail, S.M. 1986. Kinetic Energy of water droplets at terminal velocity under spray and revolving sprinkler. Misr J. Ag. Eng. 3(4):43-57.
5. Ismail, S. M. 1987. Sprinkler catch-cans test for estimating impact energy and droplet size distribution. Misr J. Ag. Eng. 4(1): 63-78.
6. Ismail, S.M. 1993 (1413 A.H.). Optimal irrigation and wheat yield response to applied water. J. King Saud Univ., Vol.5, Agric. Sci. (1), pp.41-56.
7. Ismail, S.M. 1993 (1413 A.H.). Reference evapotranspiration study in Al-Qassim Region. J. King Saud Univ., Vol.5, Agric. Sci. (2), pp.17-27.
8. Ismail, S.M. 1992. Characterizing micro-irrigation emission devices performance. Misr J. Ag. Eng., 9(3):325-334.
9. Ismail, S.M., and T.M. Shehab El-Din. 1992. Wheat yield response to water and nitrogen under sprinkler irrigation. Misr J. Ag. Eng., 9(4):617-623.
10. Ismail, S.M. 1993. Soil-wick self-regulating subsurface irrigation. Paper presented at the Irrigation Association's 1992 International Irrigation Exposition & Technical Conference Nov. 1-4, 1992. New Orleans, LA. Misr J. Ag. Eng. (1993), 10(1):44-52. Paper No. 962102 presented at the 1996 ASAE meeting. Phoenix, Arizona. July 14-18.

احتياجات الغسيلية (LR) Leaching requirement

ينشأ التملح نتيجة تبخر الماء من على سطح التربة مخلفاً الأملاح على السطح وكذلك في نقطة الجذور، وتحتاج التربة لصيانة ضد هذا الخطر فيجب إجراء عمليات الغسيل لإذابة هذه الأملاح المتراكمة وتحريكها حتى أسفل منطقة الجذور. ويجب أن تكون الاحتياجات الغسيلية كافية لحفظ مستوى الملوحة في منطقة الجذور عند الحد الذي لا يؤثر على نمو المحصول وإنتاجيته. ويمكن تعريف الاحتياجات الغسيلية (LR) بأنها كمية المياه اللازمة مرورها خلال منطقة الجذور حتى تحفظ مستوى الأملاح بها عند حد معين. وتقدر الاحتياجات الغسيلية في الغالب كنسبة مئوية من احتياجات الري. والتعبير عن الاحتياجات الغسيلية كنسبة مئوية يكون عند تقدير احتياجات الري أو المقنن المائي الفعلي أما إذا عبر عنها كعمق فإنها توضع في معادلة حساب احتياجات الري الصافية I_n . وفي هذا الكتاب سنتعامل معها كنسبة مئوية ولهذا السبب تظهر عند حساب احتياجات الري V أو مقنن الري.

ومن المعروف أنه إذا زاد تركيز الأملاح في مستخلص التربة المشبع عن ٤ ملليموز/سم (4 ds/m) تعد التربة ملحية. ويمكن صياغة معادلة التوازن الملحي كما يلي:

$$D_i C_i = D_d C_d$$

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} = \frac{EC_i}{EC_d}$$

حيث C_i تركيز الأملاح الكلية في مياه الري بمقياس التوصيل الكهربى

EC_i

C_d تركيز الأملاح الكلية في مياه الصرف بمقياس التوصيل الكهربى

EC_d

D_d عمق أو حجم مياه الصرف

D_i عمق أو حجم مياه الري

وغالباً ما يعبر عن تحمل المحاصيل للملوحة بدلالة التوصيل الكهربى لمحلل التربة المشبع EC_e . وكما هو مبين في جدول (٧ - ١) وحيث أن مياه الصرف المتسربة أسفل منطقة الجذور تكون عند السعة الحقلية وليس عند التشبع فإنه تؤخذ الملوحة عند السعة الحقلية مساوية لضعف الملوحة عند التشبع (المحتوى الرطوبى عند التشبع يساوى تقريباً ضعف المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية)

$$EC_d = 2 EC_e$$

$$LR = \frac{EC_i}{2 EC_e}$$

وحسب طريقة FAO فإنه يستخدم للرى بالتقسيط المعادلة الآتية

$$LR = \frac{EC_i}{2 \text{ Max } EC_e}$$

حيث $\text{Max } EC_e$ أقصى توصيل كهربى يتحمله المحصول لمحلل التربة المشبع ويتحصل عليه من جدول (٧ - ١).

وقد أوجد Ayers and Westcot (1976) علاقة أخرى لحساب الاحتياجات الغسيلية حيث أوضح أن الملوحة في منطقة الجذور هي متوسط الملوحة لمياه الري وملوحة مياه الصرف وأن الملوحة عند السعة الحقلية

تساوى ٢,٥ الملوحة عند التشبع وبذلك تكون:

$$\frac{EC_d + EC_i}{2} = 2.5 EC_e$$

$$EC_d + EC_i = 5 EC_e$$

$$EC_d = 5 EC_e - EC_i$$

$$\therefore LR = \frac{EC_i}{EC_d}$$

$$LR = \frac{EC_i}{5EC_d - EC_i}$$

وتستخدم FAO هذه المعادلة لحساب الاحتياجات الغشائية للري السطحي والري بالرش.

وقد توصل هوفمان (1980) Hoffman إلى علاقة تجريبية تربط بين عمق المياه المستعملة في الغسيل D وعمق التربة المطلوب غسيلها Ds وتركيز الملاح في التربة المطلوب بعد الغسيل C والتركيز الابتدائي للملاح في قطاع التربة قبل الغسيل Co كما يلي:

$$\frac{C}{C_o} = \frac{K}{\left(\frac{D}{D_s}\right)}$$

حيث K = 0.1 for sandy loam soil

K = 0.3 for clay, silty clay loam, silty clay and clay loam soils

وقد تتم عملية الغسيل بالغمر Continuous ponding في حالة استخدام الري السطحي ووجود صرف جيد وتسوية جيدة وقد تتم أثناء زراعة الأرض.

وقد تتم عملية الغسيل أيضاً بالغمر على دفعات Intermittent ponding لزيادة كفاءة عملية الغسيل حيث يسمح بهبوط مستوى الماء الأرضي عن طريق الصرف المغطى. وقد تتم عملية الغسيل عن طريق الري بالرش Sprinkling عندما يستخدم الري بالرش في الحقل ويكون الحقل غير معد للري السطحي وتعتبر هذه الطريقة ذات كفاءة مرتفعة في الغسيل وخاصة تحت ظروف بخر وسرعة رياح منخفضة. وهي تستخدم في حالة التربة الرملية غير المستوية وخاصة عندما تكون المياه محدودة ومكلفة وعندما يكون

نظام الصرف محدوداً ولا يستوعب كمية مياه الصرف الناتجة عن الغسيل ويجب التفريق هنا بين الاحتياجات الغشائية (LR) كنسبة مئوية من مياه الري التي تستخدم في معادلة حساب مقنن الري، فهي تضاف كنسبة مئوية من مياه الري سواء على دفعات أو حيثما تكون مياه الري متوافرة. وبين عمق مياه الغسيل D المطلوبة لاستصلاح التربة الملحية والتي يزيد التوصيل الكهربائي للملاح بها عن ٤ ملليموز/سم وذلك للوصول بملوحة قطاع التربة بعد الغسيل عند مستوى معين من الأملاح ويحسب من علاقة هوفمان التجريبية.

تأثير نقص رطوبة التربة moisture stress على البخر نتج للمحصول

عندما تكون التربة رطبة potential energy ترتفع طاقة جهد المياه وتتحرك المياه بحرية ويمكن لجذور النبات امتصاص الرطوبة بسهولة وعلى العكس في التربة الجافة تكون طاقة جهد المياه منخفضة وممسوكة بقوة بالقوة لحيبيات التربة Capillary and absorptive الشعيرية والامتصاص وبالتالي لا تكون سهلة الامتصاص بواسطة جذور النباتات. فعندما تقل طاقة فإن يقال threshold value الجهد المياه في التربة عن قيمة البداية أو الفاضل أو نقص رطوبة Water stressed أن المحصول تعرض للإجهاد الرطوبي التربة.

ويتم وصف تعرض المحصول للإجهاد الرطوبي بواسطة معامل الإجهاد الرطوبي K_s water stress coefficient حيث يصف تأثير الإجهاد الرطوبي على فتح المحصول كما يلي

$$ET_{c_s} = K_s \cdot K_e \cdot ET_o$$

ويمكن تقدير معامل الإجهاد الرطوبي كما يلي

$$K_s = \frac{TAW - Dr}{TAW - RAW} = \frac{TAW - Dr}{(1-P) TAW}$$

حيث TAW : العمق الكلي للماء المتاح في منطقة الجذور بالملم

Total available soil water in the root zone (mm)

ويمكن إيجاده كما سبق بمعلومية السعة الحقلية ونقطة الذبول وعمق منطقة الجذور كما يلي

$$TAW = (\theta_{FC} - \theta_{p.w.p}) \gamma_b \times D \times 1000$$

حيث

D : عمق منطقة الجذور بالمتر

γ_b : الكثافة النسبية للتربة

θ_{FC} : المحتوى الرطوبي للتربة على أساس وزني عند السعة الحقلية كنسبة

كسرية

$\theta_{p.w.p}$: المحتوى الرطوبي للتربة على أساس وزني عند نقطة الذبول كنسبة

كسرية

وفي حالة استخدام المحتوى الرطوبي للتربة كنسبة حجمية تصبح المعادلة

كالآتي:

$$TAW = 1000 (\theta_{VFC} - \theta_{VWP}) D$$

حيث

θ_{VFC} : المحتوى الرطوبي للتربة على أساس حجمي عند السعة الحقلية (م^٣/م^٣).

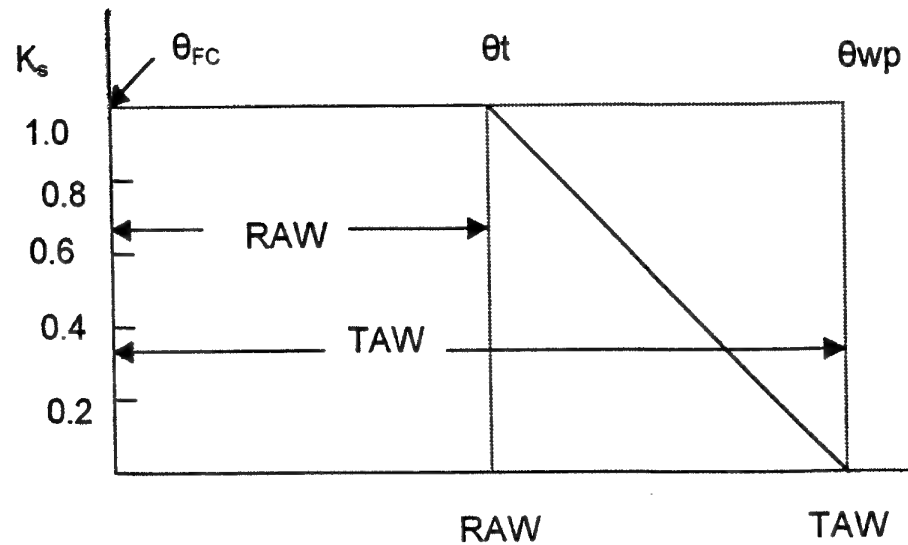
θ_{VWP} : المحتوى الرطوبي للتربة على أساس حجمي عند نقطة الذبول (م^٣/م^٣).

جدول (٧-١) : المستويات المختلفة لتحمل المحاصيل للأملح بمستوى ١٠٠ %

يعني أنه لا يوجد نقص في الإنتاج Ayers and Westcot, 1976

Max. Ec _e	50 %		75 %		90 %		100 %		المحصول
	Ec _w	Ec _e	Ec _w	Ec _e	Ec _w	Ec _e	Ec _w	Ec _e	
٢٨	١٢.٠	١٨.٠	٨.٧	١٣.٠	٦.٧	١٠.٠	٥.٣	٨	محاصيل حقلية
٧	٢.٤	٣.٦	١.٥	٢.٣	١.٠	١.٥	٠.٧	١	شعير
١٢	٤.٥	٦.٨	٢.٠	٤.٢	١.٨	٢.٦	١.١	١.٦	فول جاف
١٠	٣.٩	٥.٩	٢.٥	٣.٨	١.٧	٢.٥	١.١	١.٧	فول حراتي
٢٧	١٢.٠	١٧.٠	٨.٤	١٣.٠	٦.٤	٩.٦	٥.١	٧.٧	ذرة
٩	٣.٢	٤.٩	٢.١	٣.١	١.٣	٢.٠	٠.٩	١.٣	قطن
١٠	٣.٩	٥.٩	٢.٥	٣.٨	١.٧	٢.٥	١.١	١.٧	لوبيا اللطف
٧	٣.٣	٤.٩	٢.٧	٤.١	٢.٤	٣.٥	٢.١	٣.٢	كتان
١٢	٤.٨	٧.٢	٣.٤	٥.١	٢.٦	٣.٨	٢.٠	٣	فول سوداني
١٥	٦.٦	٩.٩	٥.٠	٧.٦	٤.١	٦.٢	٣.٥	٥.٣	لوز
١٨	٧.٢	١١.٠	٤.٨	٧.٢	٣.٤	٥.١	٢.٧	٤	قرطم
١٠	٥.٠	٧.٥	٤.٢	٦.٢	٣.٧	٥.٥	٣.٣	٥	ذرة رقيقة
٢٤	١٠.٠	١٥.٠	٧.٥	١١.٠	٥.٨	٨.٧	٤.٧	٧	فول صويا
٢٠	٨.٧	١٣.٠	٦.٤	٩.٥	٤.٩	٧.٤	٤.٠	٦	بنجر سكر
محاصيل خضري									
٧	٢.٤	٣.٦	١.٥	٢.٣	١.٠	١.٥	٠.٧	١.٠	فاصوليا
١٥	٦.٤	٩.٦	٤.٥	٦.٨	٣.٤	٥.١	٢.٧	٤.٠	بنجر
١٢	٤.٦	٧.٠	٢.٩	٤.٤	١.٩	٢.٨	١.٢	١.٨	كرنب
١٦	٦.١	٩.١	٣.٨	٥.٧	٢.٤	٣.٦	١.٥	٢.٢	كتنلوب
٨	٣.١	٤.٦	١.٩	٢.٨	١.١	١.٧	٠.٧	١.٠	جزر
١٠	٤.٢	٦.٣	٢.٩	٤.٤	٢.٢	٣.٣	١.٧	٢.٥	خيار
٩	٣.٤	٥.٢	٢.١	٣.٢	١.٤	٢.١	٠.٩	١.٣	خس
٨	٢.٩	٤.٣	١.٨	٢.٨	١.٢	١.٨	٠.٨	١.٢	بصل
٩	٣.٤	٥.١	٢.٢	٣.٣	١.٥	٢.٢	١.٠	١.٥	فلفل
١٠	٣.٩	٥.٩	٢.٥	٣.٨	١.٧	٢.٥	١.١	١.٧	بطاطس
٩	٣.٤	٥.٠	٢.١	٣.١	١.٣	٢.٠	٠.٨	١.٢	فجل
١٥	٥.٧	٨.٦	٣.٥	٥.٣	٢.٢	٣.٣	١.٣	٢.٠	سبانخ
١٠	٣.٩	٥.٩	٢.٥	٣.٨	١.٧	٢.٥	١.١	١.٧	ذرة منكزية
١١	٤.٠	٦.٠	٢.٥	٣.٨	١.٦	٢.٤	١.٠	١.٥	بطاطا
١٣	٥.٠	٧.٦	٣.٤	٥.٠	٢.٣	٣.٥	١.٧	٢.٥	طماطم
محاصيل علف									
١٦	٥.٩	٨.٨	٣.٦	٥.٤	٢.٢	٣.٤	١.٣	٢.٠	برسيم حجازي
٥٠	٨.٧	١٣.٠	٦.٣	٩.٥	٤.٩	٧.٤	٤.٠	٦.٠	شعير
٢٣	٩.٨	١٤.٧	٧.٢	١٠.٨	٥.٧	٨.٥	٤.٦	٦.٩	حشيشة برمودة
١٩	٦.٨	١٠.٣	٣.٩	٥.٩	٢.١	٣.٢	١.٠	١.٥	برسيم
١٦	٥.٧	٨.٦	٣.٥	٥.٢	٢.١	٣.٢	١.٢	١.٨	ذرة علف
١٩	٨.١	١٢.٢	٥.٩	٨.٩	٤.٦	٦.٩	٣.٧	٥.٦	حشيشة الراي
٢٦	٩.٦	١٤.٤	٥.٧	٨.٦	٣.٤	٥.١	١.٩	٢.٨	حشيشة السودان
محاصيل فلكية									
٧	٢.٧	٤.١	١.٩	٢.٨	١.٤	٢.٠	١.٠	١.٥	لوز
٨	٣.٢	٤.٨	٢.٢	٣.٣	١.٦	٢.٣	١.٠	١.٧	تفاح ، كمثرى
٦	٢.٥	٣.٧	١.٨	٢.٦	١.٣	٢.٠	١.١	١.٦	مشمش
٦	٢.٤	٣.٧	١.٧	٢.٥	١.٢	١.٨	٠.٩	١.٣	أفوكلو
٣٢	١٢.٠	١٧.٩	٧.٣	١٠.٩	٤.٥	٦.٨	٢.٧	٤.٠	نخيل البلح
١٤	٥.٦	٨.٤	٣.٧	٥.٥	٢.٦	٣.٨	١.٨	٢.٧	تين ، زيتون ، رمان
١٢	٤.٥	٦.٧	٢.٧	٤.١	١.٧	٢.٥	١.٠	١.٥	عنب
٨	٣.٠	٤.٩	٢.٢	٣.٤	١.٦	٢.٤	١.٢	١.٨	جريب فروت
٨	٣.٢	٤.٨	٢.٢	٣.٣	١.٦	٢.٣	١.١	١.٧	ليمون
٨	٣.٢	٤.٨	٢.٢	٣.٢	١.٦	٢.٣	١.١	١.٧	برتقال
٧	٢.٧	٤.١	١.٩	٢.٩	١.٤	٢.٢	١.١	١.٧	خوخ
٧	٢.٨	٤.٣	١.٩	٢.٩	١.٤	٢.١	١.٠	١.٥	برقوق
٤	١.٧	٢.٥	١.٢	١.٨	٠.٩	١.٣	٠.٧	١.٠	فرولة
٨	٣.٢	٤.٨	٢.٢	٣.٣	١.٦	٢.٣	١.١	١.٧	جوز

أن تتساوى قيمة $RAW = D_r$ بعدها يبدأ النبات فى العرض للإجهاد الرطوبى حينما تتزايد قيمة D_r عن قيمة RAW (المحتوى الرطوبى ينخفض عن قيمة البداية θ_f) حيث يقل الاستهلاك المائى للمحصول عن جهد البخر نتج أى يبدأ البخر نتج للمحصول فى الانخفاض متأثراً بالإجهاد الرطوبى ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالى (٧-١):



شكل (٧-١) تأثير المحتوى الرطوبى للتربة θ على معامل الإجهاد الرطوبى K_s

عند انخفاض رطوبة التربة عن قيمة البداية أو الحد الفاصل θ_f ()

threshold. المصدر: FAO Irrigation and Drainage paper

No. 56

أما RAW فهي عمق الماء السهل المتاح فى منطقة الجذور بالمم
 READILY AVAILABLE SOIL WATER IN THE ROOT ZONE (MM)
 ويمكن إيجاده كما سبق بمعلومية عمق الماء المتاح ونسبة الاستنفاد كما يلى

$$RAW = P \cdot TAW$$

حيث:

P : نسبة استنفاد الرطوبة depletion فى منطقة الجذور

وتعرف نسبة استنفاد الرطوبة (P) بأنها متوسط نسبة الرطوبة التى يمكن للمحصول استنفادها من الرطوبة الكلية المتاحة (TAW) فى منطقة الجذور والتى يحدث عندها إجهاد رطوبى للمحصول يتسبب فى تخفيض البخر نتج ET . ويمكن إيجاده للمحاصيل المختلفة من الجدول (٨-٢) مع عمق الجذور D .

وتعتبر عمق الماء السهل المتاح RAW فى منطقة الجذور يماثل عمق ماء الرى الصافى d_n وكذلك يماثل اصطلاح الرطوبة المستنفذة المسموح بها (MAD) Management Allowed Depletion مع العلم بأن قيمة نسبة الرطوبة المستنفذ (P) فى المصطلح MAD قد تتأثر بعوامل إدارية أو اقتصادية فتقف عن قيمة المسموح به فى المصطلح RAW ولذلك قد

$$MAD \leq RAW$$

ويطلق على الرطوبة المستنفذة من منطقة الجذور بالمصطلح D_r root zone depletion أى مقدار النقص بالنسبة للسعة الحقلية water shortage relative to field capacity أى مقدار النقص بالنسبة للسعة الحقلية water shortage relative to field capacity وعلى ذلك فإن $D_r = 0$ عند السعة الحقلية وعند تتناقص رطوبة التربة عن السعة الحقلية عن طريق استهلاك النبات تتزايد قيمة D_r أى الرطوبة المستنفذة من منطقة الجذور إلى

تأثير ملوحة التربة **Salinity stress** على البخر نتج للمحصول

لدراسة تأثير الملوحة على البخر نتج يجب أولاً: أستعراض تأثير الملوحة على إنتاجية المحصول كما يلي

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - (EC_e - EC_{e \text{ threshold}}) \frac{b}{100}$$

حيث:

Y_a : الإنتاجية الفعلية للمحصول actual crop yield

Y_m : أقصى إنتاجية متوقعة للمحصول في حالة عدم تأثيرها

بالأملاح أي عندما يكون $EC_e < EC_{e \text{ threshold}}$

EC_e : متوسط التوصيل الكهربى لمستخلص محلول التربة المشبعة

لمنطقة الجذور بالمللى موز/سم

$EC_{e \text{ threshold}}$: التوصيل الكهربى للمستخلص التربة المشبعة عند بدء تأثير

الملوحة على تخفيض إنتاجية المحصول أي عند إنتاجية Y_m ١٠٠%

ونقص مقداره صفر في إنتاجية المحصول

b : النسبة المئوية للنقص في المحصول عند زيادة الملوحة لمحلول

التربة المشبعة EC_e بمقدار الوحدة (dsm^{-1} / %)

ويمكن إيجاد قيمة $EC_{e \text{ threshold}}$ من الجدول (١-٧) وهي نفسها قيمة EC_e

عند إنتاجية ١٠٠% أما قيمة b فيمكن إيجادها كما يلي

$$b = \frac{100}{EC_{e \text{ max}} - EC_{e \text{ threshold}}}$$

حيث $EC_{e \text{ max}}$: التوصيل الكهربى المستخلص التربة المشبعة عند أقصى

تأثير للملوحة على تخفيض إنتاجية المحصول الي الصفر أي عند

إنتاجية صفر ونقص مقداره ١٠٠% في إنتاجية المحصول ويمكن

إيجادها من الجدول (١-٧).

ثانياً: نستعرض العلاقة بين الإنتاجية والإجهاد الرطوبى Moisture

stress كما يلي

$$(1 - \frac{Y_a}{Y_m}) = K_y (1 - \frac{ET_{C \text{ adj}}}{ET_c})$$

حيث

K_y : معامل استجابة المحصول a yield response factor ويمكن

إيجاده من جدول (٣ - ١).

$ET_{C \text{ adj}}$: البخر نتج الفعلى المصحح للمحصول (مم/يوم)

ET_c : البخر نتج للمحصول عند الظروف القياسية أي عندما لا

يتعرض المحصول لأي إجهاد رطوبى (مم/يوم)

Crop evapotranspiration for standard conditions (no water stress)

وبحل المعادلتين السابقتين معاً مع تعويض قيمة K_s معامل الإجهاد

الرطوبى كما يلي

$$K_s = \frac{ET_{C \text{ adj}}}{ET_c}$$

$$K_s = 1 - \frac{b}{K_y 100} (EC_e - EC_{e \text{ threshold}})$$

والمعادلة السابقة تصف تأثير الملوحة على البخر نتح للمحصول وذلك من خلال إيجاد قيمة معامل الإيجاد الرطوبي K_s وذلك عندما يزيد التوصيل الكهربى لمحلل التربة المشبعة عن قيمة التوصيل الكهربى لمحلل التربة عندما لا يوجد نقص بالمحصول $EC_e \text{ threshold}$ وكذلك عندما لا تريد نسبة استفاذ الرطوبة فى منطقة الجذور عن نسبة الاستفاذ المسموح بها والتي لا يتعرض عندها المحصول للإجهاد الرطوبى كما يلى:

$$\begin{aligned} EC_e > EC_e \text{ threshold} & \quad (\text{salinity stress}) \\ D_r < RAW & \quad (\text{No water stress}) \end{aligned}$$

التأثير المشترك لكل من ملوحة التربة والإجهاد الرطوبى على البخر نتح

تجمع المعادلة التالية تأثير كل من الملوحة $salinity \text{ stress}$ والإجهاد الرطوبى $soil \text{ water stress}$ على البخر نتح من خلال تقدير معامل الإجهاد الرطوبى K_s وذلك عندما يحدث الإجهاد نتيجة تعرض المحصول لزيادة كل من الملوحة ونقص الرطوبة معا.

$$K_s = \left(\frac{b}{K_y 100} (EC_e - EC_{e \text{ threshold}}) \right) \left(\frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} \right)$$

والمعادلة السابقة تستخدم عند وجود تأثير لكل من الملوحة ونقص الرطوبة على البخر نتح للمحصول أى نقص فى إنتاجية المحصول أيضا.

$$\begin{aligned} EC_e > EC_e \text{ threshold} & \quad (\text{salinity stress}) \\ D_r < RAW & \quad (\text{moisture stress}) \end{aligned}$$

حساب التوصيل الكهربى لمحلل التربة المشبع بدلالة ملوحة مياه الري

عند حالة الاستقرار فى التربة $under \text{ steady state conditions}$ فإن قيمة التوصيل الكهربى EC_e لمحلل التربة المشبع يمكن استنتاجه بدلالة درجة التوصيل الكهربى لمياه الري EC_{iw} المستخدمة ونسبة الغسيل $leaching \text{ fraction}$ أو الاحتياجات الغسيلية (LR) $leaching \text{ requirement}$ وقد تم استنتاج الاحتياجات الغسيلية من قبل فى حالة الري السطحى والري بالرش كما يلى

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5 EC_e - EC_{iw}}$$

ويمكن وضع المعادلة على الصور التالية:

$$\frac{EC_{iw}}{LR} = 5 EC_e - EC_{iw}$$

$$\frac{EC_{iw}}{LR} = EC_{iw} = 5 EC_e$$

$$\left(\frac{1}{LR} + 1 \right) \frac{EC_{iw}}{5} = EC_e$$

$$EC_e = \frac{1 + LR}{LR} \frac{EC_{iw}}{5}$$

وعندما تساوى الاحتياجات الغسيلية من ١٥ إلى ٢٠% فإن المعادلة السابقة تصبح

$$EC_e = 1.5 EC_{iw}$$

أى أنه عند حالة الاستقرار فإن التوصيل الكهربى لمحلول التربة المشبعة EC_e يساوى مرة ونصف التوصيل الكهربى لمياه الري المستخدمة وهى معادلة نسبة الغسيل المستخدمة من قبل الفاو 29 - FAO فى إيجاد قيم جدول (٧ - ١).

مثال: تأثير ملوحة التربة على البخر نتح للمحصول:

حقل مزرع فول فى أرض لومية سلتية ويروى خلال فترة مرحلة ثبات النمو باستخدام مياه رى ملوحتها $EC_{iw} = 1 \text{ dsm}^{-1}$ وكانت الاحتياجات الغسيلية أو شبه الغسيل ١٥% وكانت ملوحة المدخل أو الحد الفاصل لمحلول التربة المشبعة $EC_{e \text{ threshold}} = 1 \text{ dsm}^{-1}$ وكانت لنسبة المئوية لنقص المحصول لكل زيادة فى ملوحة الذى $b = 19\% / \text{dsm}^{-1}$ وكان معامل استجابة المحصول $K_y = 1.15$.

قارن التأثير على البخر نتح عند نسبة استنفاد الرطوبة فى منطقة الجذور $p = 0.4$ تحت ظروف وجود الملوحة وعدم وجودها Saline and non Saline و كان العمق الكلى لماء الري المتاح $TAW = 110 \text{ mm}$ و عمق ماء الري السهل المتاح عند نسبة استنفاد $(p = 0.4)$ هو $RAW = 44 \text{ mm}$ حيث أن نسبة الغسيل ١٥% والتوصيل الكهربى لماء الري 1 dsm^{-1} فإن التوصيل الكهربى لمستخلص التربة المشبعة يكون

$$EC_e = 1.5 EC_{iw} \\ = 1.5 (1) = 1.5 \text{ dsm}^{-1}$$

وبحساب معامل الإجهاد الرطوبى K_s فى وجود الملوحة وعدم وجود نقص فى التربة

$$K_s = \left(1 - \frac{b}{K_y 100} (EC_e - EC_{e \text{ threshold}})\right) \\ = \left(1 - \frac{19}{1.15(100)} (1.5 - 1.0)\right) = 0.92$$

وبالتالى فإن النقص فى البخر نتح يكون مقداره ٨% نتيجة زيادة الملوحة عند الحد الفاصل الذى يبدأ عنده النقص فى إنتاجية المحصول عن ١٠٠%. وحيث أن نسبة الاستنفاد هى ٤٠% وهى المنصوص عليها بالجدول والنسبة لا تحدث أى نقص فى المحصول أى لا يوجد عندها إجهاد رطوبى للمحصول. فى حالة وجود نقص فى رطوبة التربة أى تكون نسبة الاستنفاد أكبر من ٤٠% كان تكون ٥٥% مثلاً فإن عمق ماء الري المستنفذ من منطقة الجذور D_r

$$D_r = pTAW \\ = 0.55 \times 110 = 60 \text{ mm}$$

وبذلك يكون معامل الإجهاد الرطوبى K_s فى حالة عدم وجود ملوحة فى التربة ووجود نقص فى الرطوبة فقط هو:

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} = \frac{110 - 60}{110 - 44} = 0.76$$

وبالتالى فإن النقص فى البخر نتح يكون مقداره ٢٤% نتيجة النقص فى رطوبة التربة فقط وعدم وجود ملوحة فى التربة. ولتعيين التأثير المشترك لكل من ملوحة التربة ونقص الرطوبة على البخر نتح للمحصول نقوم بضرب

معامل الإجهاد الرطوبي K_s الناتج عن ملوحة التربة فقط بمعامل الإجهاد الرطوبي في حالة نقص الرطوبة وعدم وجود ملوحة كالاتي:

$$K_s = 0.92 \times 0.76 = 0.7$$

وبالتالي فإن النقص في البخر نتج يكون مقداره ٣٠% نتيجة للتأثير المشترك لوجود ملوحة في التربة ونقص في رطوبة التربة أيضا. وبذلك يكون التأثير الإضافي في نقص البخر نتج نتيجة الملوحة هو:

$$30\% - 44\% = 6\%$$

رى المحاصيل بالمياه المالحة **Water salinity and crop irrigation**

تختلف النباتات اختلاف كبير في تحملها **Tolerance** للرى بالمياه المالحة **Saline water** فرى المحاصيل بمياه تزيد ملوحتها عن درجة تحمل هذه النباتات يتسبب في حدوث نقص في الإنتاج وربما تقل جودة المحصول نفسه.

فمياه الرى المالحة تؤثر على نمو النبات بطريقتين الأولى التأثير الأسموزي والثانية تأثير أيون معين.

أولاً: التأثير الأسموزي **Osmotic effect**

الرى بمياه مالحة يقلل من قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه. ففي خلال الفترة بين الريات تقل رطوبة التربة وبالتالي يزيد تركيز الأملاح في المحلول الأرضي **Soil solution** ليصل إلى حوالي ٢ إلى ٥ مرات من قيمة تركيز الأملاح الابتدائية لمياه الرى ويمكن صياغة ذلك في المعادلة التالية وذلك بأخذ متوسط القيمة وهي تقريبا تساوى ٣.

وحيث أن تركيز الأملاح في عجينة التربة المشبعة يؤخذ عادة نصف تركيز الأملاح في محلول التربة حيث أن الرطوبة عند التقطيع تساوى تقريبا ضعف الرطوبة عند السعة الحقلية فإن

$$EC_e = \frac{EC_d}{2}$$

وبحل المعادلتين السابقتين يمكن الحصول على المعادلة الآتية:

$$EC_e = \frac{3}{2} EC_w$$

والمعادلة السابقة في منتهى الأهمية فهي تفيد بأن تركيز الأملاح في عجينة التربة المشبعة يساوى ١,٥ تركيز الأملاح في مياه الرى.

وعلى ذلك فقد تم وضع جدول (٧-١) وهذا الجدول في منتهى الأهمية حيث يعطى درجة تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة سواء في التربة EC_e أو مياه الرى EC_w وذلك عند مستويات مختلفة من إنتاجية المحصول فيعطى القيم عند إنتاجية ١٠٠% (أى عدم وجود أى نقص في المحصول) وعند إنتاجية ٩٠% (أى نقص ١٠% من قيمة المحصول) وعند ٧٥% إنتاجية (أى نقص ٢٥% من قيمة المحصول) وعند ٥٠% إنتاجية (أى نقص ٥٠% من قيمة المحصول) ثم يعطى ملوحة التربة عند صفر محصول (أى نقص ١٠٠% من قيمة المحصول) $Max. EC_e$. ومثال على ذلك الشعير إذا تم زراعته في أرض ملوحتها ٨ ملليموز/سم (8 d S/m) فإنه لا يوجد نقص في الإنتاج أما عند زراعته في أرض ملوحتها ١٠ ملليموز/سم فإننا نتوقع نقص في الإنتاج مقداره ٥٠% أما عند زراعته في أرض ملوحتها ٢٨ ملليموز/سم فإننا لا نتوقع إنتاج على الإطلاق. أما إذا استخدمت مياه رى ملوحتها ٥,٣ ملليموز/سم لرى الشعير فإن الإنتاج لا يتأثر على الإطلاق إما

إذا تم زراعة الشعير باستخدام مياه رى ملوحتها ٦,٧ فإننا نتوقع نقص فى الإنتاج مقداره ١٠% وكذلك إذا كانت ملوحة مياه الرى ١٢ ملليموز/سم فإن النقص فى الإنتاج يكون ٥٠%.

وبالرجوع ثانية إلى التأثير الأسموزى للرى بالمياه المالحة فإنه كما ذكرنا فإن الرى بالمياه المالحة يقلل قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه من محلول التربة. أما أثناء الفترة بين الريات فتقل رطوبة التربة وبالتالي يزداد تركيز الأملاح فى محلول التربة مما ينتج عنه زيادة الضغط الأسموزى osmotic pressure لمحلول التربة والذى يجعل من الصعب على جذور النباتات استخلاص المياه من التربة. النقص فى نمو المحصول عند الرى بالمياه المالحة غالبا يحدث نتيجة زيادة الضغط الأسموزى الناتج عن زيادة التركيز الكلى للأملاح الذائبة وليس نتيجة زيادة تركيز أيون معين. عادة ما يقل إنتاج المحصول قبل أن تظهر أعراض أضرار الملوحة على المحصول.

علامات أضرار الملوحة: Sign of salinity Damage

من أولى علامات تأثير الملوحة على النبات تقزم النمو وتلون الأوراق باللون الأخضر المائل إلى الزرقة. وبزيادة مستوى الأملاح فى التربة إلى مستوى السمية تبدأ أطراف الأوراق القديمة وحوافها فى الاحتراق ثم الجفاف والسقوط وفى النهاية يموت النبات. فى حالات أخرى تبدأ الأوراق الحديثة فى الاصفرار أو يظهر على النبات علامات الذبول بالرغم من وجود الرطوبة الكافية فى التربة.

ثانيا: التأثير الأيونى: Specific ion effect

التركيزات الزائدة من أيونات الكلوريد chloride والصوديوم فى مياه الرى تسبب فى تسمم النباتات toxicities in plants. وهذه الأيونات يمكن أن تمتص إما عن طريق الجذور أو التلامس المباشر على الأوراق. فإذا كانت ملوحة مياه الرى قريبة من التركيز الحرج critical concentration فعند ذلك يجب اختبار تركيز كل من الكلوريد والصوديوم.

امتصاص الجذور: Root uptake

يمكن لجذور النباتات أن تمتص أيون الكلوريد ليتراكم بعد ذلك فى الأوراق. وبزيادة تراكم أيون الكلوريد فى الأوراق يتسبب فى احتراق أطراف الأوراق أو حوافها مع التبيكير فى اصفرار الأوراق Premature yellowing. وبصفة عامة فإن أصناف النباتات الخشبية woody plant species مثل الفاكهة ذات النواة الحجرية والموالح والأفوكادو تكون حساسة للكلوريد. بينما معظم الخضراوات والأعلاف ومحاصيل الألياف تكون أقل حساسية.

يختلف تحمل المحاصيل للكلوريد والصوديوم حسب الأصناف varieties والأصول rootstocks. ويجب عمل تحليل كيميائى للتربة أو الأوراق لتقدير السمية المحتملة للكلوريد. ويمكن للصوديوم أيضا فى مياه الرى أن يحدث ضرر مباشر للنباتات بواسطة امتصاص الجذور له. وأعراض السمية غالبا تكون احتراق الأوراق وموت أنسجة حواف الأوراق بعكس أعراض سمية الكلوريد والتى عادة تحدث عند أطراف الأوراق leaf tip. ارتفاع تركيز الصوديوم فى مياه الرى يحدث نقص فى الكالسيوم

والبيوتاسيوم في التربة الفقيرة من هذه العناصر. هذه المحاصيل تستجيب للتسميد بهذه العناصر. التأثير المباشر لسمية تركيز الصوديوم في مياه الري على مختلف النباتات موضح بالجدول (٤-٧).

الإمتصاص الورقي المباشر Direct Foliar Adsorption

بعض المحاصيل الغير حساسة لامتصاص أيون الكلوريد والصوديوم عن طريق الجذور يمكن أن يظهر عليها أعراض احتراق الأوراق Leaf burn عند استخدام المياه المالحة في الري بالرش. ويحدث هذا النوع من ضرر الأملاح بقتل الأوراق التي تستقبل المياه المالحة بواسطة الرش. ويشند هذا الضرر عندما يتم الري بالرش خلال الجو الحار الجاف حيث أن زيادة البخر تتسبب في زيادة تركيز الأملاح على سطح الأوراق. وجدول (٧-٣) يوضح تركيزات كل من الكلوريد والصوديوم في مياه الري والتي تسبب ضرر للأوراق foliar damage لبعض المحاصيل.

قياس الملوحة: Measuring salinity

تتكون الأملاح في مياه الري أساسا من الأنواع الشائعة من الأملاح وهي كلوريد الصوديوم، بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم، كلوريدات وكبريتات. ويعبر عن الملوحة الكلية بكمية الأملاح الكلية الذائبة والتي تقاس بالتوصيل الكهربى للمياه بوحدات المليموز/سم في ٦٤٠ نحصل على تركيز الأملاح بالملي جرام في اللتر (mg/l) والذي يساوى جرام للمتر المكعب g/m3 والذي يساوى بدوره جزء في المليون (ppm). ووزن الأملاح بالمليجرام في اللتر يمكن أن يقاس مباشرة بتبخير المياه ووزن الأملاح المتبقية ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى وقت كبير.

جدول ٧-٢: تحمل بعض أصناف محاصيل الفاكهة لإمتصاص الكلوريد عن طريق الجذور

تركيز الكلوريد ملي جرام/لتر	المحصول الصنف/الأصل
	<u>الموالح (أصول)</u>
١٢٠	Poncirus tripoliata
٢٠٠	أصل ليمون rough lemon
٣٠٠	برتقال حلو Troyer citrange, sweet orange
٦٠٠	Rangpur lime, Cleopatra mandarin
	<u>الفاكهة ذات النواة الحجرية</u>
٦٠٠	برقوق (أصل)
٦٠٠	- ماريانا Marianna
٣٧٠	- Myrobolan
٢٣٥	برقوق ، خوخ ، مشمش ، لوز (زراعة بذرية saeedling)
	<u>عنب</u>
٩٥٠	أصل Ramsey, 1613 -3
٧٠٠	أصل Dog Ridge
٦٠٠	Sultana
٢٣٥	Cardinal
١٢٠	التوت raspberry
١٩٠ - ١٢٠	الفراولة strawberry

المصدر: Maas, E.V. (1984). Salt tolerance in plants. In: The handbook of plant science in Agriculture. B.R. Christie (ed.) CRC Press. Boca Raton, Florida

جدول ٧-٣ تركيزات الصوديوم والكلوريد في مياه الري والتي تسبب ضرر للأوراق عند استخدام الري بالرش

درجة الحساسية	تركيز الكلوريد مللي جرام/لتر	تركيز الصوديوم مللي جرام/لتر	المحاصيل المتأثرة
حساسة	أقل من ١٧٨	أقل من ١١٤	الموالح ، المشمش ، البرقوق ، اللوز ،
متوسطة الحساسية	١٧٨ - ٣٥٥	١١٤ - ٢٢٩	عنب ، فلفل ، بطاطس ، طماطم
متوسطة المقاومة	٣٥٥ - ٧١٠	٢٢٩ - ٤٥٨	برسيم حجازي ، شعير ، نرة ، خيار
مقاومة	أكثر من ٧١٠	أكثر من ٤٥٨	قرنبيط ، قطن ، لخن ، بنجر السكر سمس ، نرة عويجة ، عباد الشمس

المصدر: Mass, 1984

جدول (٧-٤): مقاومة المحاصيل للصوديوم

درجة المقاومة	نسبة إحصاص الصوديوم SAR في مياه الري	المحاصيل
حساس جدا	٢ - ٨	الفاكهة المتساقطة الأوراق ، الموالح ، الأفوكادو
حساس	٨ - ١٨	الفول
متوسط	١٨ - ٤٦	البرسيم ، للنرة
مقاوم	٤٦ - ١٠٢	القمح ، الشعير ، الطماطم ، البنجر beets ، النجيل Fairway grass

المصدر: Hart, B. T. (1974) . A compilation of Australian water quality criteria. (Paper No. 7)

العوامل التي تؤثر على أضرار الملوحة للنبات

Factor affecting the extant of plant damage

يتوقف مدى تأثير استخدام مياه ري ذات ملوحة معينة على الفاقد في المحصول على عدد من العوامل منها:

نوع التربة والصرف: Soil type and drainage

فالمياه المالحة يمكن استخدامها بنجاح لري الأراضي الرملية جيدة الصرف عن استخدامها في ري الأراضي الثقيلة سيئة الصرف. فمفتاح النجاح للري باستخدام المياه المالحة هو أن تجعل دائما اتجاه حركة المياه إلى أسفل أو غسيل الأملاح من منطقة الجذور. ففي الأراضي الرملية جيدة الصرف فإن مياه الري تستطيع بسهولة أن تغسل الأملاح من منطقة الجذور. وتعتمد الاحتياجات للحفاظ على مستوى مقبول من النمو على:

١- ملوحة مياه الري.

٢- تحمل المحصول للملوحة.

٣- حالات الجو.

٤- نوع التربة.

٥- إدارة المياه.

فكمية المياه الزائدة عن الاستهلاك المائي للمحصول والمطلوبة لغسيل الأملاح من منطقة الجذور تسمى الاحتياجات الغسيلية أو نسبته الغسيل Leaching fraction.

الفترة بين الريات ووقت الري

Frequency and timing of irrigation (time of day)

يتغير تركيز الأملاح في منطقة الجذور عقب الري. فعندما تبدأ التربة في الجفاف يتزايد تركيز الأملاح في محلول التربة وبالتالي تقلل الرطوبة المتاحة للنبات. فعندما يتم الري خلال حرارة الجو المرتفعة والرياح الشديدة فإن ذلك يزيد البخر والذي بدوره يزيد تركيز الأملاح في التربة. ولغسيل الأملاح من منطقة الجذور يجب استخدام الريات الثقيلة وتجنب الرياح الخفيفة

المتكررة Frequency light irrigation

مرحلة نمو المحصول: Stage of growth

النباتات عموما تكون معرضة لخطر الملوحة خلال مرحلة الإنبات وتكشف البادرات عنها عند اكتمال نمو النباتات. ويرجع هذا لسببين أولهما زيادة حساسية النباتات للأملاح خلال هذه المرحلة وثانيهما ارتفاع تركيز الملوحة في الطبقة السطحية والتي يتواجد فيها جذور البادرات السطحية جدا في هذه المرحلة حيث أن تركيز الأملاح يزيد على سطح التربة نتيجة تعرضها للبخر.

الأصناف والأصول: Rootstocks and varieties

تعتبر الاختلافات في الأصل والصنف من أهم العوامل المؤثرة على تحمل الأشجار للملوحة. فأصناف وأصول كل من الموالح والعنب والفاكهة ذات النواة الحجرية تختلف في قدرتها على امتصاص ونقل الصوديوم والكلوريد ولهذا فهي تختلف في تحملها للأملاح. كما يوضح جدول (٧-٢) تحمل الأشجار المختلفة لمستويات الكلوريد في مياه الري.

طريقة الري Method of irrigation

توزع الأملاح في قطاع التربة يختلف باختلاف طريقة الري حيث تؤثر طريقة الري في توزيع المياه بالتربة.

فالري بالتنقيط يحتفظ برطوبة مرتفعة في منطقة الجذور عن طريق الري على فترات متقاربة وبالتالي الغسيل المتواصل للأملاح خارج منطقة الجذور وحول منطقة الابتلال أما في الري بالخطوط فإن الأملاح تتراكم على ظهر الخط نتيجة للبخر فالمياه تتحرك بالخاصية الشعرية من بطن الخط إلى قمته حيث تتبخر المياه تاركة الأملاح على ظهر الخط لذلك عند الري بمياه مالحة لا يفضل استخدام الري بالخطوط وفي حالة استخدامه يجب تجنب الزراعة على ظهر الخط.

أما في حالة الري بالرش فإن النباتات تتعرض لضرر إضافي بامتصاص الأملاح عن طريق الأوراق واحتراق الأوراق من تلامس الرذاذ مع سطح الأوراق. ولهذا من الضروري عند استخدام المياه المالحة في الري بالرش بأن يتم الري في وقت انخفاض البخر مثل الري إما في الصباح الباكر أو في المساء أو الري ليلا أما الري وقت الظهيرة حيث استداد الحرارة وبالتالي زيادة البخر الذي يؤدي إلى تركيز الأملاح. وكذلك الري وقت اشتداد هبوب الرياح التي تتسبب أيضا في زيادة البخر وبالتالي زيادة تركيز الأملاح. أما من ناحية تصميم شبكة الري الملائمة لاستخدام مياه رى مالحة فيجب اختيار الرشاشات التي لا تعطى قطرات رش دقيقة Fine droplets. ويجب تجنب اختيار الرشاشات البطيئة الدوران والتي تسمح بفترة جفاف أثناء الدوران البطيء فإذا كان الرشاش يكمل اللغة مثلا في ٢ دقيقة فمعنى ذلك أن فترة الجفاف تكون ٢ دقيقة يمكن لرذاذ الرشاش الساقطة على سطح الأوراق

أن يتبخّر وبالتالي يسمح زيادة تركيز الأملاح على سطح الأوراق مما يؤدي إلى امتصاصها بتركيز كبير. وهناك علاقة تربط بين ضغط تشغيل الرشاش وقطر الفونية وحجم قطرات الرش فزيادة الضغط يقل حجم القطرات وزيادة قطر فونية الرشاش يزيد حجم قطرات الرش وهذه العلاقة هي:

$$C.I = \frac{P^{1.3}}{B}$$

حيث C.I معامل خشونة للقطرات Coarseness Index

قطرات خشنة $C.I \leq 7$ the spray

is coarse

قطرات دقيقة $C.I \geq 17$ the spray is fine

P : ضغط التشغيل بالباوندر البوصة^٢ psi

B : قطر فتحة الرشاش (الفوتيه) بجزء ٦٤ من البوصة (64th of inch)

حيث أن معامل خشونة قطرات الري تعتمد على ضغط التشغيل للرشاش بالإضافة إلى قطر فونية الرشاش فإذا كان معامل الخشونة أقل من ٧ تكون القطرات خشنة أو كبيرة وهذا هو المفضل في حالة استخدام المياه المالحة في الرش أما إذا كان معامل الخشونة أكبر من ١٧ فإنه في هذه الحالة تكون قطرات الرش دقيقة وهي لا تكون مفضلة في حالة استخدام المياه المالحة. أما إذا كان معامل الخشونة بين ٧ إلى ١٧ تكون القطرات متوسطة وقد يستخدم ولكن للمياه متوسطة الملوحة.

المناخ Climate

الجو الحار الجاف يزيد من البخر وبالتالي يقوم بتركيز الأملاح. وتحت هذه الظروف تتعرض المحاصيل لأضرار الملوحة. أما في المناطق

التي تسقط بها كميات غزيرة من الأمطار فتقوم بغسيل الأملاح المتراكمة في منطقة الجذور وبالتالي تقلل من تأثير الملوحة.

دليل تحمل المحاصيل لمستويات ملوحة الري:

Guide lines for critical salinity levels in irrigation water

يوضح جدول (١-٧) تحمل المحاصيل المختلفة للمياه المالحة. وهذه الأرقام هي أرقام إسترشادية فقط حيث تعتمد على العوامل السابق شرحها. فجدول (١-٧) يعطى أرقام الملوحة التي يبدأ فيها المحصول في الانخفاض أى عند انخفاض صفر في المحصول وتسمى هذه القيمة Threshold salinity وأيضا يعطى جدول (١-٧) القيم للملوحة عند انخفاض في المحصول ١٠% وأيضا ٢٥% ويلاحظ أن قيم تحمل الملوحة للمحاصيل المختلفة في جدول ١ هي لتربة لومية Loamy soil جيدة الصرف مع إضافة احتياجات غسيلية مقدارها ١٥% مع مياه الري المضافة لغسيل منطقة الجذور. وهذه الأرقام أيضا للري السطحي والري بالرش وهي طرق الري التي تسمح بفترة جفاف أثناء الفترة بين الريات. وهذا فعند زراعة محاصيل تحت نظم ري ذات فترات قصيرة بين الريات فإنه يتوقع أن تتحمل هذه المحاصيل نسبة ملوحة أكبر من القيم المعطاه بالجدول كالري بالتنقيط مثلا الذي يتم فيه الري يوميا تقريبا. حيث أن الري بالتنقيط يحتفظ برطوبة التربة قريبة من السعة الحقلية نظرا للري اليومي مما يخفض تركيز الأملاح في منطقة الجذور بالإضافة إلى قلة الفاقد من المياه بالبخر الذي يتسبب في زيادة الملوحة.

دورة الأملاح في حالة استخدام مياه أرضية سطحية:

Recycling of salts in shallow aquifers

في حالة استخدام مياه أرضية سطحية في الري فإن البخر من سطح التربة يتسبب في زيادة تركيز الأملاح والتي يتم غسلها مع الري لتذهب مرة أخرى إلى المياه الأرضية السطحية (الغير عميقة) لتزيد تركيز الأملاح بها بالإضافة إلى أملاح الأسمدة المضافة للتربة وحيث أن هذه المياه الأرضية تستخدم في الري عن طريق ضخها مرة أخرى وب تكرار هذه الدورة مع الزمن تزداد ملوحة كل من المياه والتربة إلى الدرجة التي لا تتحملها المحاصيل. ولهذا لحل هذه المشكلة يجب أولاً ترشيد استخدام المياه بتقليل الفاقد بالتسرب العميق والأهم من ذلك هو تقليل الفاقد بالبخر حتى لا يتسبب ذلك في تركيز الأملاح على سطح التربة وذلك باستخدام طريقة الري بالتنقيط والتي تقلل من البخر من سطح التربة. وفي حالة توافر أكثر من مصدر للمياه فيجب في هذه الحالة عمل خلط بين المياه الجيدة النوعية والمياه المالحة لتخفيض الملوحة حسب المعادلة التالية:

$$c_{1+2}(q_1 + q_2) = c_1 \cdot q_1 + c_2 \cdot q_2$$

حيث: q_1 : تصرف المياه من المصدر رقم ١ ذات تركيز أملاح c_1

q_2 : تصرف المياه من المصدر رقم ٢ ذات تركيز أملاح c_2

$q_1 + q_2$: مجموع تصرف المياه المخلوطة من المصدرين

c_{1+2} : تركيز أملاح المياه المخلوطة

ملاحظات على الري لبعض المحاصيل الزراعية

الفول البلدى:

انسب ميعاد للزراعة هو الأسبوع الأخير من شهر أكتوبر وحتى منتصف شهر نوفمبر وتبدأ عملية الحصاد عند بدء جفاف القرون السفلية.

يؤدى تعطيش النباتات أثناء مرحلتى التزهير والعقد إلى انخفاض المحصول كما أن الإفراط في الري يؤدى إلى زيادة نسبة تساقط الأزهار والإصابة بأمراض الذبول وعفن الجذور ويجب الإمتناع عن الري في حالة هبوب الرياح

للكانولا:

تعتبر الكافولا من محاصيل الزيوت الشتوية التي تهتم بها الدولة اهتماماً بالغاً بنشر زراعتها في الأراضي الجديدة وذلك لتوافر الظروف المناسبة لنجاح زراعته في هذه الأراضي وكذا لإسهام زراعته في سد الاحتياجات المحلية المتزايدة من الزيوت. وميعاد الزراعة من منتصف أكتوبر إلى منتصف نوفمبر والتأخير عن ذلك يسبب نقص المحصول.

الفول السوداني:

يعتبر الفول السوداني من محاصيل الحقل الرئيسية في الأراضي الرملية والصفراء الخفيفة ولا يصلح في الأراضي الجيرية. كما تسهم زراعة هذا المحصول القولى في تحسين خواص الأراضي الرملية الخفيفة. تعتبر الفترة من منتصف أبريل إلى منتصف مايو هي أنسب موعد لزراعة الفول

السودانى . ومن أجل الحصول على نوعية جيدة من الثمار وتقليل الإصابة بالأمراض ينصح بعدم تكرار زراعة الفول السودانى بنفس الأرض إلا على الأقل مرة كل سنتين.

ويجب الحد من الري أثناء نضج الثمار حيث أن القرون تكون مدفونة بالتربة وتصاب العفن نتيجة زيادة الرطوبة بالأرض ويوقف الري عند اكتمال النضج وقبل الحصاد ومن علامات النضج اصفرار الأوراق ، سهولة تفتح القرون عند الضغط عليها بالإصبع، تلون العقدة الداخلية باللون البنى الفاتح ويكون ذلك بعد حوالى ١٥٠ يوم من الزراعة.

البسلة:

تتبع البسلة العائلة البقولية وأنسب ميعاد للزراعة هو شهر أكتوبر ولكن يمكن زراعتها من أول سبتمبر حتى آخر ديسمبر حسب الصنف والغرض من الإنتاج (أخضر أو جاف). فى المحصول الأخضر يتم جمع القرون الخضراء بمجرد امتلائها أما المحصول الجاف فتترك النباتات حتى تصفر أوراقها وتبدأ القرون السفلية فى الجفاف.

الفاصوليا:

تعتبر الفاصوليا من محاصيل الخضر البقولية الهامة ويستهلك من المحصول القرون الخضراء أو البذور الجافة. وتزرع العروة الصيفية من أوائل فبراير وحتى الأسبوع الأول من مارس وذلك تبعاً لمنطقة الزراعة

وتعتبر من أنسب العروات لإنتاج البذور الجافة. وفى العروة الخريفية أو النيلية تزرع خلال الأسبوع الأخير من أغسطس وحتى الأسبوع الأول من سبتمبر . والفترة الحرجة للرى هى أثناء التزهير حيث يؤدى نقل الرطوبة على نقص شديد فى المحصول وتشقق القرون. ويتم الاستمرار فى الري لحين اصفرار حوالى ٧٥% من الأوراق وبعد ذلك يمنع الري. فى محصول القرون الخضراء يبدأ الجمع بعد ٦٠ - ٧٠ يوم من الزراعة حيث تجمع القرون قبل تكون البذور بداخلها . أما محصول البذور الجافة يتم الحصاد بعد جفاف أغلب القرون وقبل أنشطارها.

اللوبيا:

من محاصيل الخضر البقولية والتي تتحمل ملوحة للتربة وتزرع فى عروتين صيفية وتزرع فى مارس وأبريل وأخرى خريفية وتزرع فى يوليو إلى منتصف أغسطس. والفترة الحرجة للرى هى أثناء التزهير ونمو القرون. وتحصد القرون الجافة للوبيا بعد نمو ٤-٥ أشهر من الزراعة.

محاصيل العائلة القرعية (البطيخ - الكانتلوب - الخيار - الكوسة)

يعتبر البطيخ من أهم محاصيل الخضر الصيفية ونبات البطيخ نبات عشبي حولى تنتشر معظم جذوره الجانبية فى الخمسة والأربعين سنتيمتر العلوية من سطح التربة. ويبدأ الإزهار بعد نمو ٤٠ - ٥٠ يوما وتبدأ الثمار فى النضج بعد حوالى ٩٠ - ١٢٠ يوما من زراعة البذرة وذلك حسب الأصناف. ومواعيد الزراعة فى خلال النصف الأول من مارس وحتى النصف الأول من أبريل . ويتم فطام البطيخ قبل الحصاد بحوالى أسبوعين إلى شهر تقريبا أو عندما يغطى العرش المصاطب تماما.

الكنتالوب

الكنتالوب من محاصيل الخضر الصيفية وهو محصول عشبي حولي يحتاج إلى موسم نمو مشمس دافئ طويل نسبيا . وجذوره الجانبية ليفية كثيفة تنمو معظمها قريبا من سطح الأرض وتمتد شبكة الجذور الثانوية أفقيا في كل الاتجاهات لمسافة أكبر من تلك التي تصلها النموات الخضرية.

وميعاد الزراعة في الزراعات المحمية من ١٥ ديسمبر إلى ١٥ يناير أما الزراعات المكشوفة ففي ١٥ فبراير - ١٥ مارس. ويتم إعداد الأرض للزراعة في حالة استخدام الري بالتنقيط بإقامة مصاطب بعرض ١,٥ متر وبعمق ٣٠ - ٤٠ سم ويوضع المخلوط السمادي في قاع الخطوط ويتم خلطه بالتربة باستخدام عراقة دورانية ثم يتم فرد خرطوم التنقيط ويتم الزراعة بعد ذلك في جور على أبعاد ٥٠ سم بين الجورة والأخرى. وتحتاج الثمار نحو ٤٥ يوما من العقد حتى النضج حسب الصنف.

الخيار

نبات الخيار نبات عشبي حولي يتميز بنمو جذري كثيف في العشرين سنتيمتر العلوية من التربة . ومواعيد الزراعة في العروة الصيفية في نهر فبراير ومارس أما في العروة النيلية فتزرع البذور في نهر أغسطس وسبتمبر في حين تزرع في شهر أكتوبر ونوفمبر في العروة الشتوية. وفترة الري الحرجة أثناء فترة التزهير حيث يراعى توافر الرطوبة الأرضية . ويبدأ جمع الثمار بعد حوالي ٤٥ يوم من الزراعة وقد يتأخر الجمع عن ذلك أثناء الجو الحار.

الكوسة

يتشابه نمو المجموع الجذري لنبات الكوسة مع النمو الجذري لبقاى محاصيل القرعيات لحد ما حيث تنتشر جذوره الثانوية في الثلاثين سنتيمتر السطحية من التربة. ومواعيد الزراعة في العروة الصيفية من النصف الثاني من فبراير وحتى النصف الأول من شهر إبريل. أما العروة النيلية من يوليو وحتى شهر سبتمبر. ويبدأ جمع الثمار بعد نمو ٤٠ يوم من الزراعة صيفا وبعد حوالي ٥٠ يوم في الشتاء.

الطماطم

الطريقة الشائعة لزراعة الطماطم هي عمل مصاطب بعرض واحد متر وتوزع الشتلات على مسافات ٣٠ - ٤٠ سم حسب الصنف وتزرع الطماطم في مصر على مدار السنة فالعروة الشتوية تزرع البذور فيها في سبتمبر وأكتوبر أما موعد نقل الشتلات فهو أكتوبر ونوفمبر - العروة الصيف موعد زراعة البذرة فبراير ومارس أما موعد نقل الشتلات فهو خلال إبريل والعروة الخريفية موعد زراعة البذرة فيها يونية ويوليو أما موعد نقل الشتلات فهو يوليو، أغسطس.

البطاطس

تعتبر البطاطس من أهم محاصيل الخضر الدرنية وتحتاج البطاطس في الأطوار الأول من حياته إل جو دافئ (٢٠ - ٢٥) درجة مئوية ونهار طويل وذلك لتكوين مجموع خضري وجذري مناسبين ثم يتلوها جو

يميل إلى البرودة (١٥ - ١٨) درجة مئوية ونهار قصير أثناء فترة تكوين الدرنات. ومواعيد الزراعة للعروة الشتوى من منتصف شهر أكتوبر حتى أواخر نوفمبر أما العروة الصيفى فتزرع خلال شهرى ديسمبر ويناير أما العروة النيل فتزرع خلال شهرى سبتمبر وأكتوبر ويمكن التبكير فى زراعتها خلال شهر أغسطس. وفترة الرى الحرجة هى الفترة من ٦ إلى ٨ أسابيع من الزراعة أى فترة تكوين الدرنات. وتستمر لمدة أسبوعين كيبداً بعد ذلك طور كبر الدرنات الذى يتم حوالى ٦ - ٨ أسابيع. أما طور النمو الذى يبدأ من زراعة التقاوى فتعتمد فيه النبات على الغذاء المخزن فى قطعة التقاوى.

القمح

يعتبر القمح من المحاصيل النجيلية الشتوية الرئيسية وهو من أهم محاصيل الحبوب ويزرع خلال شهر نوفمبر وأنسب ميعاد لزرعته فى منطقة جنوب التحرير والنوبارية هو النصف الثانى من شهر نوفمبر. وتعتبر فترة الرى الحرجة هى مرحلة التفريع وطرود السنابل وتكوين الحبوب ولذلك يراعى عدم التعطيش. ويوقف الرى نهائياً عند اصفرار السلامة الأخيرة التى تحمل السنبل فى حوالى ٥٠% من النباتات فى الحقل ، أى عند تمام النضج الفسيولوجى وقبل الحصاد بحوالى أسبوعين . حيث يبدأ حصاد القمح فى أوائل شهر مايو.

الذرة الشامية:

أنسب فترات الزراعة تكون خلال شهر مايو فى حالة الزراعة بعد فول أو برسيم أو خضر ويمكن أن تستمر حتى منتصف يونيو على الأكثر فى

حالة الزراعة بعد القمح. والذرة من المحاصيل الحساسة للمياه ويراعى عدم تعطيش النباتات خلال فترة الرى الحرجة وهى أثناء فترة التزهير والعقد ورص الكيزان. ويتم الحصاد بعد ١١٠ - ١٢٠ يوم من الزراعة ويعتبر اصفرار وجفاف أغلفة الكيزان وجفاف الحبوب وتصلبها من أهم علامات النضج. ويوقف الرى قبل الحصاد وبحوالى أسبوعين

البرسيم المصرى

يتميز البرسيم المصرى بجذوره الوتدية التى تنشأ عليه كثيراً من الجذور الجانبية فى مستويات عديدة . وينتشر معظم المجموع الجذرى للبرسيم المصرى فى الطبقة السطحية من الأرض بعمق حوالى ٦٠ سم. يتأثر نمو البرسيم كثيراً بالتعرض للإجهاد المائى ويؤدى نقص الرطوبة فى الأرض أثناء فترات الإنبات إلى نقص عدد النباتات فى وحدة المساحة الأمر الذى يؤدى إلى نقص كمية المحصول كما يؤدى نقص الماء أثناء النقرع القاعدى ويكون ذلك بعد الحش إلى نقص كمية المحصول لنقص عدد الأفرع وضعف قوة النمو الخضرى للنباتات.

البقوليات

تتميز جميع البقوليات بالجذور الوتدى الذى يتعمق فى الأرض لأعماق تختلف بين البقوليات وبعضها ويتعمق جذر الترمس بالأرض أكثر من البقوليات الأخرى كما يتميز جذر الخلية بتعمقه نوعاً.

وأهم أطوار حياة البقوليات حساسية للماء هي طور نمو البادرات وطور الأزهار وطور تكوين القرون . ويمنع الري عند شدة الرياح في فترة الإزهار حتى لا تسقط أزهار كثيرة.

المقتنات المائية للمحاصيل

أولاً: جداول كل من وزارة الزراعة ووزارة الري

قامت كل من وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي (معهد بحوث الأراضي والمياه) ووزارة الموارد المائية والري بوضع جداول للأستهلاك المائي للمحاصيل الرئيسية في مصر. ولهذا فقد تم تقسيم مناطق الجمهورية إلى ثلاث مناطق هي:-

دللتا النيل (الوجه البحري) - مصر الوسطي - مصر العليا (وجه قبلي)
وهذه الجداول تم عملها علي أساس قياسات مائية قديمة بواسطة هدارات وهي
تحتاج الي مراجعات علمية حيث أن الطرق العلمية الحديثة لتقدير الاستهلاك
المائي كما تم أستعراضه في الفصول السابقة تعتمد علي كل من القياسات
الحقلية بأستخدام الليسيمترات وبيانات الأرصاد الجوية الزراعية ولا يمكن
الحصول علي بيانات دقيقة من تقديرها عن طريق قياس الماء المضاف للحقل
والجدول (٧-٥) يوضح الاستهلاك المائي للمحاصيل في دللتا النيل بالسم/
الشهر وأجمالي الاستهلاك في الموسم للمحاصيل الرئيسية في مصر كذلك كل
من الجدول (٧-٦) والجدول (٧-٧) لمنطقة مصر الوسطي ومصر العليا.

جدوى (٧-١٥): الاحتياجات المائية لمنطقة الدلتا (وجه بحرى) بالسنتيمتر في الشهر

[illegible]

جدول (٧-٨) البخر ننتج القياسي ET_0 لمحطات الأرصاد المختلفة والتي تغطي مصر وذلك بمعادلة بنمان – مونتيث حسب برنامج CLIWAT بوحدات مم/يوم .

[illegible][illegible]

جهد البحر نتج من/يوم لمحطات الأرصاد المختلفة مصوباً بطريقة بنمان مونتيس باستخدام برنامج القلو

[illegible]

جدول (١٩-٧) معامل المحصول باستخدام جدول (١-٦) و جدول (٢-٦)

المحاصيل								المنطقة التي تدرجها المنطقة
قطن	بنجر السكر	فول	بصلة	برسيم قصير	لرسم مصري	لرسم	لقح/شهر	
		٠,٩٤	١,٠٢	٠,٩٨	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٧٦ أولفل يناير
		١,٠٥	١,٠٥	٠,٨١	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٩٣ أوسط يناير
		١,١٥	١,٠٥		١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	١,٠٨ أولفل فبراير
		١,٢٠	١,٠٥			١,٠٠	٠,٩٥	١,١٥ أوسط فبراير
		١,٢٠	١,٠٥			١,٠٠	٠,٩٥	١,١٥ أولفل مارس
		١,٢٠	١,٠٥			١,٠٠	٠,٩٥	١,١٥ أوسط مارس
	٠,٣٥	١,٣٠	٠,٨٥			١,٠٠	٠,٩٥	١,١٥ أولفل أبريل
	٠,٣٥	١,٣٠	٠,٦٤			٠,٩٩	٠,٩٥	١,١٢ أوسط أبريل
٠,٤٠	٠,٣٥	١,٣٠				٠,٩٥	٠,٩٥	٠,٩٧ أولفل مايو
٠,٤٠	٠,٤٠	١,١٨				٠,٨٩	٠,٩٥	٠,٧٢ أوسط مايو
٠,٤٠	٠,٥٣	١,٠٨				٠,٨٢	٠,٩٥	٠,٤٧ أولفل يونيو
٠,٤٣	٠,٦٨	٠,٩٢					٠,٩٥	أولفل يوليو
٠,٥٢	٠,٨٣	٠,٧٥					٠,٩٥	أوسط يوليو
٠,٦٥	٠,٩٩						٠,٩٥	أولفل أغسطس
٠,٧٨	١,٠٩						٠,٩٥	أولفل سبتمبر
٠,٩٠	١,١٠						٠,٩٥	أوسط سبتمبر
٠,٩٥	١,١٠						٠,٩٥	أولفل أكتوبر
٠,٩٥	١,١٠						٠,٩٥	أولفل نوفمبر
٠,٩٥	١,١٠						٠,٩٥	أوسط نوفمبر
٠,٩٥	١,٠٧						٠,٩٥	أولفل ديسمبر
٠,٨٩	٠,٩٦						٠,٩٥	أولفل كانون الثاني
٠,٧٣	٠,٨١						٠,٩٥	أوسط كانون الثاني
٠,٥٤	٠,٦٦						٠,٩٥	أولفل كانون الثاني
	٠,٥٠						٠,٩٥	أولفل شباط
							٠,٩٥	أوسط شباط
							٠,٩٥	أولفل آذار
		٠,٣٥		٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٩٥	أولفل نيسان
		٠,٣٥		٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٩٥	أوسط نيسان
		٠,٣٥		٠,٥٦	٠,٦١	٠,٦١	٠,٩٥	أولفل أيار
		٠,٣٥	٠,٥٠	٠,٧٠	٠,٦٨	٠,٦٨	٠,٩٥	أولفل حزيران
	٠,٣٨	٠,٥٠	٠,٨٩	٠,٨١	٠,٨١	٠,٨١	٠,٩٥	أوسط حزيران
	٠,٤٧	٠,٥٣	١,٠١	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٤	٠,٩٥	أولفل تموز
	٠,٥٩	٠,٦٤	١,٠٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	أولفل آب
	٠,٧٠	٠,٧٨	١,٠٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	أوسط آب
	٠,٨٢	٠,٩٢	١,٠٥	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	أولفل أيلول

شجار مستديمة الخضرة										ملاحظات		الارتفاع الحد الأدنى
لبنان	لبنان البلج	مالي	مراش	مزر صر عاصم	مزر صر عام	طبر	قلاص	مسابقات	(مجموع مساحات، كم2، و، برافون، داخل)			
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	١,١٢						أوقل بنابر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	١,١١						أواسط بنابر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	١,١٠						أولكر بنابر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	٠,٧٠						أوقل أفرير		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	٠,٧٠						أواسط أفرير		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٥	٠,٧٠						أولكر أفرير		
٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٤	٠,٧١	٠,٥٠	٠,٢٥	٠,٦٠	٠,٥٥		أوقل مارس		
٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٣	٠,٧٤	٠,٥٠	٠,٢٥	٠,٦٠	٠,٥٥		أواسط مارس		
٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٢	٠,٧٨	٠,٥٠	٠,٢٥	٠,٦٣	٠,٥٨		أولكر مارس		
٠,٦٤	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧١	٠,٨١	٠,٥٢	٠,٣٠	٠,٦٨	٠,٦٢		أوقل أبريل		
٠,٦١	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٠	٠,٨٥	٠,٥٦	٠,٣٧	٠,٧٣	٠,٦٨		أواسط أبريل		
٠,٥٩	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٩	٠,٨٨	٠,٥٩	٠,٤٤	٠,٧٨	٠,٧٣		أولكر أبريل		
٠,٥٧	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٨	٠,٩١	٠,٦٣	٠,٥٢	٠,٨٣	٠,٧٨		أوقل مايو		
٠,٥٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٧	٠,٩٥	٠,٦٧	٠,٦٠	٠,٨٨	٠,٨٣		أواسط مايو		
٠,٥٢	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٦	٠,٩٨	٠,٧٠	٠,٦٧	٠,٩٣	٠,٨٨		أولكر مايو		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٠٢	٠,٧٤	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أوقل يونيو		
٠,٤٨	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٠٥	٠,٧٨	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أواسط يونيو		
٠,٤٦	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٠٨	٠,٨١	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أولكر يونيو		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,١٢	٠,٨٥	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أوقل يوليو		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,١٥	٠,٨٩	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أواسط يوليو		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,١٨	٠,٩٢	٠,٧٠	٠,٩٥	٠,٩٠		أولكر يوليو		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	٠,٩٦	٠,٦٨	٠,٩٥	٠,٩٠		أوقل أغسطس		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,٠٠	٠,٦٥	٠,٩٥	٠,٩٠		أواسط أغسطس		
٠,٤٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,٠٤	٠,٦٢	٠,٩٥	٠,٩٠		أولكر أغسطس		
٠,٤٧	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,٠٧	٠,٥٩	٠,٩٥	٠,٩٠		أوقل سبتمبر		
٠,٤٩	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,١١	٠,٥٦	٠,٩٥	٠,٩٠		أواسط سبتمبر		
٠,٥١	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,١٤	٠,٥٣	٠,٩٤	٠,٨٩		أولكر سبتمبر		
٠,٥٤	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٥	١,٢٠	١,١٥	٠,٥٠	٠,٩١	٠,٨٦		أوقل أكتوبر		
٠,٥٦	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٦	١,٢٠	١,١٥	٠,٤٧	٠,٩٧	٠,٨٢		أواسط أكتوبر		
٠,٥٨	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٧	١,٢٠	١,١٥	٠,٤٤	٠,٨٣	٠,٧٨		أولكر أكتوبر		
٠,٦١	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٧	١,١٩	١,١٤	٠,٤١	٠,٧٨	٠,٧٣		أوقل نوفمبر		
٠,٦٣	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٨	١,١٨	١,١٣	٠,٣٨	٠,٧٤	٠,٦٩		أواسط نوفمبر		
٠,٦٥	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٨	١,١٧	١,١٣	٠,٣٥	٠,٧٠	٠,٦٥		أولكر نوفمبر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٩	١,١٦	١,١٢					أوقل ديسمبر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٦٩	١,١٥	١,١١					أواسط ديسمبر		
٠,٥٠	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٧٠	١,١٤	١,١٠					أولكر ديسمبر		

الفترة التي تم فيها	خضر							
	كوسه	كوسه	خيار	بصلج	طماطم	طماطم	طماطم	بندلوس
أقل يناير		٠,٩٠			٠,٦٠		١,٠٣	١,٠٤
أوسط يناير		٠,٨٩			٠,٦٠		٠,٨٦	٠,٩٧
أواخر يناير		٠,٨٣			٠,٦٤		٠,٦٥	٠,٨٥
أوائل فبراير		٠,٧٥			٠,٧٦		٠,٦٠	٠,٧٢
أوسط فبراير		٠,٦٧			٠,٩٠		٠,٦٠	
أواخر فبراير					١,٠٣		٠,٦٢	
أوائل مارس					١,٠٩		٠,٧٢	
أوسط مارس					١,١٠		٠,٨٧	
أواخر مارس					١,١٠		١,٠٠	
أوائل إبريل	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٥٥	١,٠٥		١,٠٥	
أوسط إبريل	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٩٠	١,٠٥		١,٠٥	
أواخر إبريل	٠,٦٢	٠,٦٥	٠,٥٨	٠,٧٠	١,٠٥		١,٠٥	
أوائل مايو	٠,٦٩	٠,٧٥	٠,٦٦		١,٠٥		١,٠٥	
أوسط مايو	٠,٧٧	٠,٨٥	٠,٧٨		١,٠٠		٠,٨٨	
أواخر مايو	٠,٨٦	٠,٩٠	٠,٨٩		٠,٧٦		٠,٧٦	
أوائل يونيو	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٦٠				
أوسط يونيو	٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٩٥	٠,٦٠				
أواخر يونيو	٠,٩٠	٠,٨٩	٠,٩٥	٠,٦٤				
أوائل يوليو	٠,٩٠	٠,٨٢	٠,٩٤	٠,٧٤				
أوسط يوليو	٠,٨٧	٠,٦٩	٠,٨٦	٠,٨٩				
أواخر يوليو	٠,٨١	٠,٧٠		١,٠٣				
أوائل أغسطس	٠,٧٥			١,١٠				
أوسط أغسطس	٠,٦٩			١,١٠				
أواخر أغسطس				١,٠٣				
أوائل سبتمبر				٠,٨٦				
أوسط سبتمبر				٠,٦٦				
أواخر سبتمبر								
أوائل أكتوبر							٠,٦٠	٠,٦٠
أوسط أكتوبر		٠,٥٥					٠,٦٠	٠,٦٠
أواخر أكتوبر		٠,٥٥					٠,٦٤	٠,٦٥
أوائل نوفمبر		٠,٥٦					٠,٧٦	٠,٧٦
أوسط نوفمبر		٠,٦٢					٠,٩٠	٠,٩١
أواخر نوفمبر		٠,٧٢					١,٠٤	١,٠٢
أوائل ديسمبر		٠,٨٢					١,١٠	١,٠٥
أوسط ديسمبر		٠,٨٩					١,١٠	١,٠٥
أواخر ديسمبر		٠,٩٠					١,١٠	١,٠٥

البرامج التي تتبعها بعض المزارع في ري الموز

البرنامج الثاني مم /يوم	البرنامج الأول مم/يوم	الشهر
7	6	يناير
7	4.8	فبراير
9.5	6	مارس
11.9	8.3	أبريل
14.2	10.7	مايو
16.6	13	يونيو
16.6	13	يوليو
16.6	13	أغسطس
14.2	10.7	سبتمبر
11.9	8.3	أكتوبر
11.9	7	نوفمبر
9.5	6	ديسمبر

الأستهلاك المائي للحدائق والمساحات الخضراء: لم تحل الحائق والمساحات الخضراء الأهتمام الكافي في حساب الاحتياجات المائية لذلك سوف نكتفي هنا بالجدول (١١-٧) وهو يعطي كميات مياه الري باللتر لكل م^٢ من مساحة الأرض وذلك للمساحات الخضراء أما الأشجار فتحسب باللتر/يوم علي أساس قطر المساحة المظللة بالمتر ومعامل محصول يساوي الواحد الصحيح وخلاف ذلك نقوم بضرب الرقم المتحصل عليه في معامل المحصول المعطى أسفل الجدول. مع ملاحظة أننا افترضنا كفاءة نظام الري تساوي ٨٥%.

جدول (١١-٧) كميات مياه الري لتر لكل م^٢ من مساحة الأرض للمساحات الخضراء وبـلتر/يوم للأشجار مع فرض معامل محصول يساوي الواحد الصحيح وكفاءة نظام الري تساوي ٨٥%.

كيفية مياه الري اللازمة للنباتات في العراق												
Liter required per day per plant (LPD)												المسطح الأخضر لتر / متر مربع
Elommm/d	Kc = 1.0 Irrigation Efficiency = 85 %											
	(طرق الري المستخدمة)											
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		
2.0	0.7	3.0	6.7	12.0	18.7	27.0	36.7	48.0	60.7	74.9	2.4	
2.5	0.9	3.7	8.4	15.0	23.4	33.7	45.9	59.9	75.9	93.7	2.9	
3.0	1.1	4.5	10.1	18.0	28.1	40.5	55.1	71.9	91.0	112.4	3.5	
3.5	1.3	5.2	11.8	21.0	32.8	47.2	64.3	83.9	106.2	131.1	4.1	
4.0	1.5	6.0	13.5	24.0	37.5	54.0	73.4	95.9	121.4	149.9	4.7	
4.5	1.7	6.7	15.2	27.0	42.2	60.7	82.6	107.9	136.6	168.6	5.3	
5.0	1.9	7.5	16.9	30.0	46.8	67.4	91.8	119.9	151.7	187.3	5.9	
5.5	2.1	8.2	18.5	33.0	51.5	74.2	101.0	131.9	166.9	206.1	6.5	
6.0	2.2	9.0	20.2	36.0	56.2	80.9	110.2	143.9	182.1	224.8	7.1	
6.6	2.5	9.9	22.3	39.6	61.8	89.0	121.2	158.3	200.3	247.3	7.8	
7.0	2.6	10.5	23.6	42.0	65.6	94.4	128.5	167.9	212.4	262.3	8.2	
7.5	2.8	11.2	25.3	45.0	70.3	101.2	137.7	179.8	227.6	281.0	8.8	
8.0	3.0	12.0	27.0	48.0	74.9	107.9	146.9	191.8	242.8	299.7	9.4	
8.5	3.2	12.7	28.7	51.0	79.6	114.6	156.1	203.8	258.0	318.5	10.0	
9.0	3.4	13.5	30.3	54.0	84.3	121.4	165.2	215.8	273.1	337.2	10.6	
9.5	3.6	14.2	32.0	57.0	89.0	128.1	174.4	227.8	288.3	355.9	11.2	
10.0	3.7	15.0	33.7	59.9	93.7	134.9	183.6	239.8	303.5	374.7	11.8	

Kc = 1.0 for small shrubs (under 1.2 m diam.), Groundcover, Evergreens and Vines.

Kc = 0.8 for Mature Shade Trees

Kc = 0.7 for Shrubs (Over 1.2 m diam).

Kc = 0.4 for Established Plants.

To obtain LPD for Kc=0.8 Multiply LPD for Kc=1 by 0.8

To obtain LPD for Kc=0.7 Multiply LPD for Kc=1 by 0.7

To obtain LPD for Kc=0.4 Multiply LPD for Kc=1 by 0.40

Kc = 1.0 for small shrubs (under 1.2 m diam.), Groundcover, Evergreens and Vines.
 Kc = 0.8 for Mature Shade Trees To obtain LPD for Kc = 0.8 Multiply LPD for Kc = 1 by 0.8
 Kc = 0.7 for Shrubs (Over 1.2 m diam). To obtain LPD for Kc = 0.7 Multiply LPD for Kc = 1 by 0.7
 Kc = 0.4 for Established Plants. To obtain LPD for Kc = 0.4 Multiply LPD for Kc = 1 by 0.4



جدولة الري

Irrigation Scheduling

يُتزايد الطلب على موارد المياه المحدودة limited water resources باستمرار سواء في الوقت الحالي أو في المستقبل وذلك لزيادة الطلب لتوفير الغذاء والكساء للزيادة السكانية expanding population مما يستدعي تحسين كل من كفاءات الري irrigation efficiencies وإنتاجية المحاصيل في الزراعة المروية Irrigated Agriculture. تعد جدولة الري irrigation scheduling من أهم العناصر في تحسين كفاءة استعمال المياه water use efficiency إن جدولة الري تتطلب حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المنزرعة وبيانات عن التربة مع الاستعانة بأجهزة استشعار حالة الرطوبة في كل من التربة والنبات plant and soil water sensor. وقد قطعت الأبحاث شوطاً كبيراً في طرق تقدير البخر نتح Evapotranspiration مما يمكننا من حسابه بدقة من بيانات الأرصاد الجوية.

ثالثاً: المعمل المركزى للمناخ

Central Laboratory for Agricultural Climate (CLAC)

قامت وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي حديثاً بإنشاء المعمل المركزي للمناخ الذي بدوره قام بإنشاء محطات أرصاد زراعية في مختلف مناطق مصر تتنقل منها البيانات بالكمبيوتر عبر خطوط التليفونات أوتوماتيكياً. وقام المعمل بإنشاء موقع علي الإنترنت وعنوانه www.clac.edu.eg لتقديم خدمة المعلومات المناخية الزراعية من ضمنها البحر نتح القياسي محسوبا بمعادلة بنمان - مونتيث وكذلك الاستهلاك المائي لعدد محدود من المحاصيل حيث أن البيانات المتوافرة لازالت في بداية مراحلها. ونعرض منها بيانات منطقة توشكي بالجدول (٧-١٢) ويجب التنويه هنا أن بيانات منطقة توشكي بيانات حديثة وليست لمتوسطات كما هو الحال في المحطات الـ ٢٨ السابق الحديث عنها. حيث أن البيانات التاريخية Historical data يجب أن تكون على الأقل عشرة سنوات.

جول (٧-١٢) بيانات منطقة توشكي (المصدر المعمل المركزي للمناخ
CLAC).

Month	mm/day
دسمبر	5.5
نومبر	5.9
اکتوبر	6
ستمبر	7.2
اگستس	8.5
یولیو	8.8
یونیو	9.1
مئیو	8.3
اپریل	7.9
مارس	7.5
فربریر	7
ینایر	6.1

وقد قام جنسن (1981) Jensen بتعريف جدولة الري بأنها عملية التخطيط planning واتخاذ القرار decision - making التى يقوم بها مدير المزرعة أو القائم على تشغيل نظام الري قبل وأثناء موسم نمو المحصول الذى يقوم بزراعته. وهذا التعريف الأساسى هو المفهوم حتى يومنا هذا. ولاتخاذ القرار فى جدولة الري نحتاج إلى أربعة أنواع من البيانات هى:-

١ - مستوى الرطوبة الأرضية الحالى والتغير المتوقع فيه على مدى خمسة أو عشرة أيام قادمة

٢ - التقدير الحالى لميعاد الريه القادمة next irrigation لتجنب تأثير الإجهاد أو الشد الرطوبى water stress على المحصول وكذلك ميعاد الريه القادمة والتى تحقق أعلى كفاءة رى.

٣ - كمية المياه المطلوب إضافتها للحقل والتى تحقق أعلى كفاءة رى.

٤ - معلومات عن تأثير إضافة مياه الري قبل ميعاده المحدد أو بعده أو حتى تأثير إضافة كمية تقل أو تزيد عن كمية المياه المحسوبة.

ومن المعلومات أو البيانات المساعدة فى عملية جدولة الري هى سعر المياه water costs سعة مصدر المياه water supply capacity، مستوى ملوحة التربة soil salinity.

وعملية جدولة الري فى حد ذاتها ببساطة هى تحديد متى تتم عملية الري وكمية المياه المطلوب إضافتها Determining when and how much water to apply ولكى نصل إلى ذلك فإن عملية جدولة الري تحتاج إلى معلومات خارج نطاق المياه والتربة مثل توافر العمالة والحصاد والعمليات الزراعية وصيانة وإصلاح أجهزة الري فكل هذه العوامل قد تتدخل لتعديل جدولة الري.

ومعظم البرامج التى توضع لجدولة الري تقوم بالتركيز على نظام واحد من النظم الآتية:

- الاتزان المائى water balance

- الشد الرطوبى للتربة soil water tension

- رطوبة التربة soil water content

- جهد رطوبة الاوراق leaf water potential

- درجة حرارة الغطاء النباتى Canopy temperature

دون تفاعل العوامل الأخرى المؤثرة فى التربة والمياه والمحصول والعوامل الجوية - وهذه تتطلب نظام معلومات وتحليل بيانات كما هو موضح بالشكل (٨-١) الذى يوضح دورة إدارة الري. Irrigation Management cycle

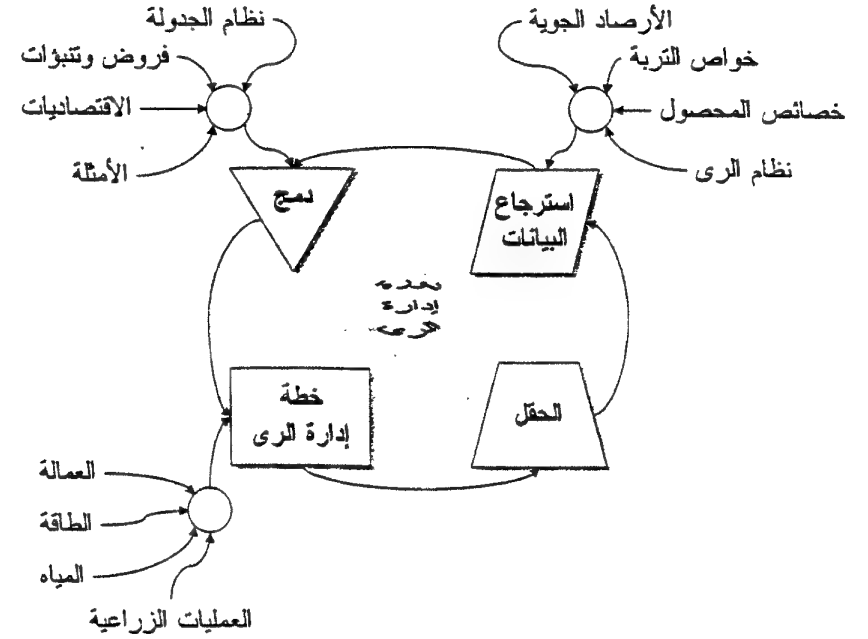
تأثير جدولة الري على ترشيد استخدام المياه

تعمل جدولة الري على تقليل المياه المستعملة فى الري عن طريق:

١ - تقليل الجريان السطحى runoff سواء الناتج عن الري أو الأمطار.

٢ - تقليل التسرب العميق تحت منطقة الجذور والذى يزيد عن الاحتياجات الغسيلية المطلوبة للمحافظة على مستوى ملحي معين فى منطقة الجذور ومنع تراكم الأملاح.

٣ - تقليل البخر من سطح التربة بعد الري أو التحكم فى نسبة استنفاد رطوبة التربة soil water depletion بطريقة تقلل من الاستهلاك المائى للمحصول خلال مراحل النمو غير الحرجة أو غير الحساسة للمياه - non sensitive crop growth stages. وعلى النقيض قد تزيد جدولة الري



شكل (٨-١) دورة إدارة الري

من المياه المستعملة في بعض الحالات مع زيادة مقابلة لإنتاج المحصول وذلك بتجنب نقص المياه في المراحل الحرجة للنمو والتي تسبب نقص في المحصول، أو عن طريق إضافة الأسمدة مع مياه الري في أوقات معينة لنمو المحصول للحصول على إنتاجية مثلى.

جدولة الري هي محاولة للمحافظة على رطوبة التربة فوق مستوى حرج "Critical" حيث يسبب الانخفاض عن هذا المستوى نقصاً في المحصول وكذلك الحفاظ على رطوبة التربة أقل من مستوى معين threshold حيث أن زيادة الرطوبة عن هذا الحد تؤدي إلى زيادة الجريان السطحي runoff عند هطول الأمطار (تقليل استيعاب سطح التربة للأمطار) أو زيادة التسرب العميق عن الحد المطلوب لغسيل الأملاح من منطقة الجذور والفرق بين الحد

الأعلى للرطوبة والحد الأدنى هو المطلوب تعويض عند عملية الري ويجب ألا يقل عن الاستهلاك المائي اليومي للمحصول لأن ذلك يستوجب تعويض الاستهلاك المائي للمحصول يومياً ويكون الحد الأعلى والأدنى للرطوبة في هذه الحالة غير مفيد من الناحية العملية ويحدث ذلك في الأرض الرملية الخشنة في حالة المحاصيل الصيفية ذات الجذور السطحية وخاصة عند فترة أقصى الاحتياجات المائية. أن الهدف من جدولة الري وإدارة الري عادة هو الحصول على أقصى نتح Transpiration من المحصول حيث أن النتح يصاحبه إنتاج المادة الجافة dry matter production وبالتالي الحصول على إنتاج اقتصادي من المياه المتاحة فإذا تم جدولة الري للحصول على أقصى نتح من المياه المتاحة تحت مراعاة المحددات الاقتصادية economic constraints فإن ذلك يحقق الحصول على أقصى استعمال للمياه water use efficiency وتعرف كفاءة استعمال المياه على أنها كمية المحصول لوحدة المياه وقد تكون هذه المياه هي الاستهلاك المائي النظري أو قد تكون النتح فقط.

علاقات الماء بالتربة والنبات Soil-Plant-Water Relationships

في عملية الري نقوم بإضافة المياه للتربة وتقوم التربة بتزويد النبات بهذا الماء ولهذا تعتبر التربة هي المستودع أو المخزن لمياه الري التي يستهلكها النبات وعلى ذلك يتضح أهمية دراسة خواص التربة الطبيعية المتعلقة بتخزين المياه وتسريبها داخل التربة. ويمكن تلخيص العوامل الهامة التي تؤثر في تخطيط وإدارة نظام الري بكفاءة والخاصة بعلاقات الماء بالتربة والنبات فيما يلي:

- ١- السعة التخزينية للتربة
Water holding capacity
- ٢- معدل تسرب (نفاذية) المياه في التربة
Water intake or infiltration rate
- ٣- المجموع الجذري للمحصول
Root system of crop
- ٤- الاستهلاك المائي للمحصول
Amount of water that crop uses

الخواص الطبيعية للتربة: Physical Properties of soils

هناك ثلاثة أسئلة مهمة تتعلق بالري هي:

- ١- متى تتم عملية الري
When to irrigate?
- ٢- كمية المياه المستخدمة في الري
How much water to apply?
- ٣- طريقة إضافة مياه الري
Method of application
- كل هذه الأسئلة متعلقة مباشرة بكل من النبات والخواص الطبيعية للتربة

تأثير نوع التربة على السعة التخزينية

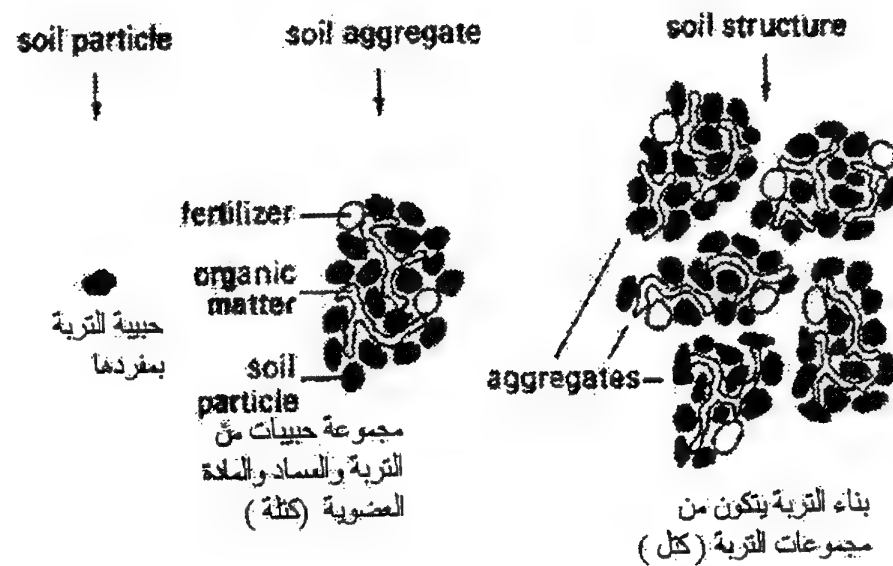
Different types of soil hold different amounts of moisture

- ١- تعتمد السعة التخزينية للتربة Water holding capacity أساسا على قوام التربة Soil texture.
- ٢- قوام التربة: يحدد قوام التربة بنسبة الرمل والسلت والطين الذي تتكون منه التربة وعلى ذلك لا يمكن تعديل قوام التربة إلا بتغيير مكوناتها. وأقطار حساسات التربة تقسم كما يلي:

رمل	Sand	٢,٠ - ٠,٠٥ مم
سلت	Silt	٠,٠٥ - ٠,٠٠٢ مم
طين	Clay	أقل من ٠,٠٠٢

٣- بناء التربة Soil structure: يحدد بناء التربة طريقة ترتيب حبيباتها مع بعضها في مجاميع aggregates وعلى ذلك يمكن تعديل بناء التربة على عكس قوامها وذلك بتحسين بناءها أو هدمها.

ويؤثر بناء التربة على معدل تسرب المياه Infiltration وحركتها به Water movement.



بناء التربة Soil Structure

Soil Water

رطوبة التربة

يوجد عدة مصطلحات للإشارة إلى مستويات الرطوبة بالتربة. ويعبر عن مستوى الرطوبة بالتربة بالنسبة المئوية لوزن الماء بالتربة إلى وزن التربة الجافة كما يلي:

١- التشبع **Saturation**: وهو نسبة الرطوبة بالتربة عند امتلاء كل مسامها بالماء θ_s ويحدث ذلك عند غمر التربة بالماء فتتملى الفراغات داخل التربة بالماء الذي يحل محل الهواء الموجود بالفراغات. ويبلغ الشد الرطوبي صفراً عند التشبع

٢- السعة الحقلية **Field Capacity (F.C)**: وهى نسبة الرطوبة بالتربة بعد نزوح مياه الجاذبية منها ويمكن الوصول بالتربة للسعة الحقلية بعد انتهاء ريها بالغمر بمدة ١-٣ أيام في الأرض الطينية وحوالي ٦ ساعات في الأرض الرملية الخشنة. ويمكن تعريف السعة الحقلية على أنها المحتوى الرطوبي عند شد رطوبي يتراوح بين ٠,١ بار إلى ٠,٣ بار وذلك للأراضي الخشنة والناعمة القوام على الترتيب. وفي الأراضي الخشنة يبلغ المحتوى الرطوبي عند التشبع ثلاثة أمثال المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية على أساس الوزن أما في الأراضي الناعمة القوام فيبلغ المحتوى الرطوبي عند التشبع ضعف المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية وذلك من الناحية العملية والتطبيقية..

فبعد انتهاء الري تبدأ المياه في الفراغات الكبيرة بالتربة في النزوح لأسفل بالجاذبية. ويعرف الماء الذي يتحرك لأسفل بالجاذبية بالماء الحر أو ماء الجاذبية **Gravitational water** ويستمر ماء الجاذبية في النزوح إلى أن يصل الشد الرطوبي في التربة إلى ٠,٣ ضغط جوى في التربة

الطينية إلى ٠,١ ضغط جوى في التربة الرملية (١ ضغط جوى = ١ كجم/سم^٢ = ١ بار = ١٠ متر ماء = ٠,١ ميجا باسكال = ١٤,٧ باوند/البوصة المربعة = ٧٦ سم زئبق).

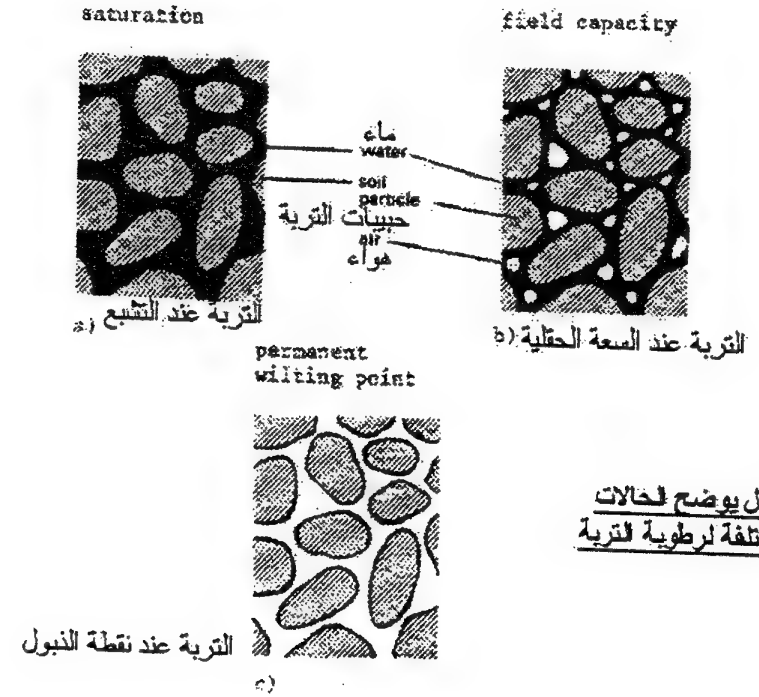
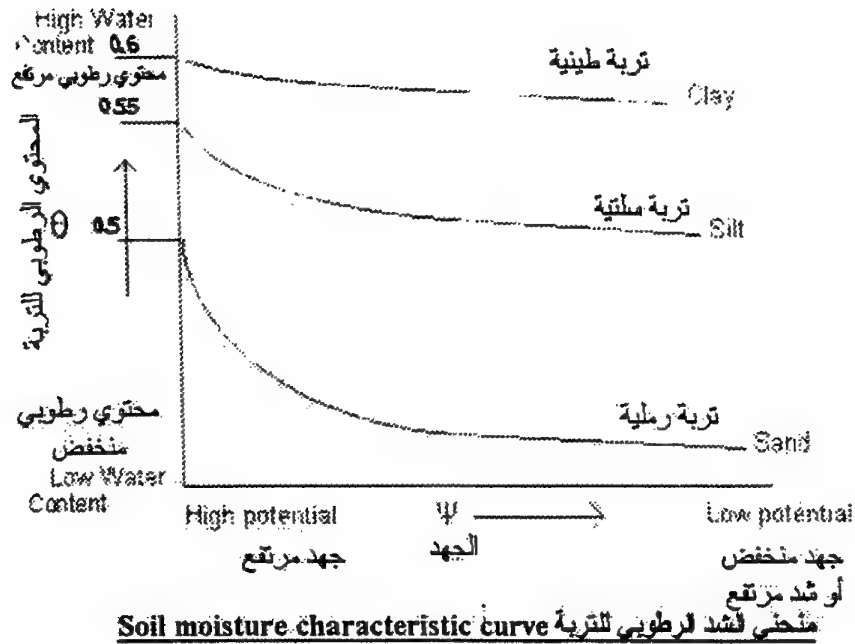
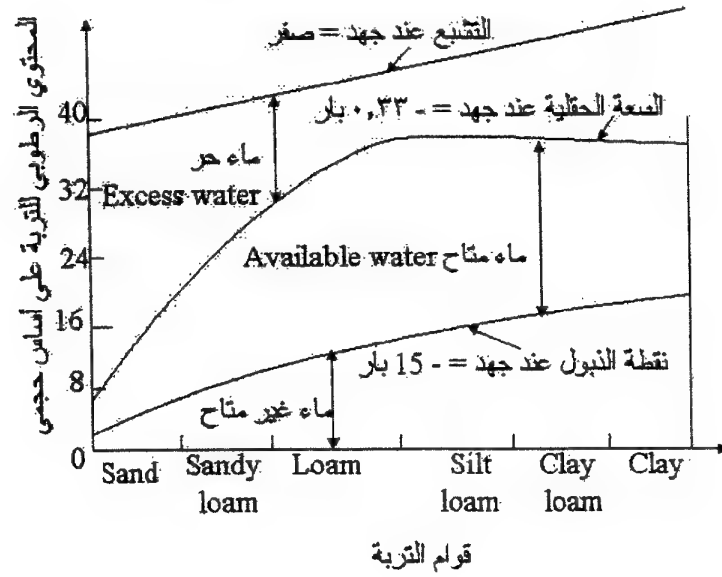
٣- نقطة الذبول الدائمة **Permanent Wilting Point (P.W.P)** وهى عبارة عن المحتوى الرطوبي بالتربة عندما يستنفذ النبات كل الرطوبة التي يستطيع أن يستخلصها حتى ينبل ويتبقى جزء من الرطوبة بالتربة ممسوك بقوة على حبيبات التربة لا تستطيع جذور النبات امتصاصها. وتؤخذ قيمة المحتوى الرطوبي عند شد رطوبي ١٥ بار على أنها نقطة الذبول المستديم أو الدائم **Permanent Wilting point (PWP)** وتقدر نقطة الذبول بيولوجيا باستخدام شتلات عباد الشمس بأخذ قيمة المحتوى الرطوبي للتربة عندما يتم ذبول الأوراق السفلية للنبات ويمكن أخذ المحتوى الرطوبي للتربة على أساس الوزن عند السعة الحقلية يساوى ضعف المحتوى الرطوبي على أساس الوزن عند نقطة الذبول المستديم من الناحية العملية والتطبيقية.

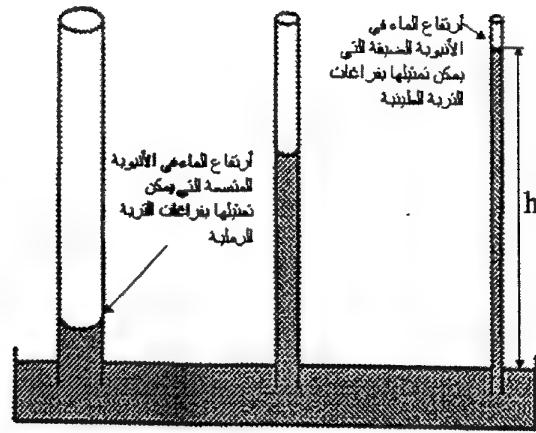
- مستويات الرطوبة السابقة تتأثر تأثيراً كبيراً بقوام التربة.

وهناك تقسيم مقابل لهذا التصنيف لحالات الرطوبة بالتربة كما يلي:

الماء الهيجروسكوبي **Hygroscopic Water**: وهو الماء الممسوك على حبيبات التربة ولا يمكن إزالته بواسطة قوى الجاذبية **gravity** أو القوى الشعرية **capillarity** ولكن يزال بالتجفيف داخل الفرن. يعتمد الماء الهيجروسكوبي على المساحة السطحية لحبيبات التربة. المساحة السطحية للتربة الطينية أكبر بألاف المرات من المساحة السطحية للتربة الرملية. ولهذا السبب فإن نقطة الذبول الدائمة للتربة الطينية أعلى منها في التربة الرملية.

الخواص لمائية لأنواع لتربة المختلفة





$$h = \frac{2 T \cos \alpha}{r g S_w}$$

h = height of capillary rise

T = surface tension, g/sec²

Wetting angle

r = Radius of a pore, cm

g = Gravity, cm/sec²

S_w = Density of water, g/cm³

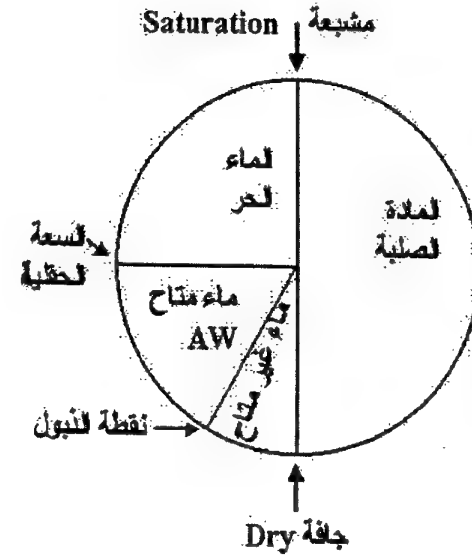
الشكل يوضح الخاصية الشعرية حيث يزداد ارتفاع الماء كلما قل قطر الأنبوبة ويمثل قطر الأنبوبة حجم الفراغات في التربة حيث يقل قطر الفراغات في التربة الطينية الثقيلة عن التربة الرملية مما ينتج عنه ارتفاع أكبر للماء الشعري في التربة الطينية عن التربة الرملية حيث الفراغات المتسعة.

توضيح ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية

ولأيجاد ارتفاع الماء الشعري h (سم) نفترض أن زاوية التلامس α تساوي صفر والتوتر السطحي T للماء ٧٣ جرام/ ثانية^٢ وبالتعويض في المعادلة السابقة نصل الي:

$$h = \frac{2 \times 73 \times \cos 0}{1 \text{ g/cm}^3 \times 980 \text{ cm/s}^2 \times r} = \frac{0.15}{r} \text{ cm}$$

وعلي أساس أن التربة عبارة عن مجموعة من الأنابيب الشعرية فإنه يمكن استنتاج ارتفاع الماء الشعري حسب قوام التربة كما يلي:

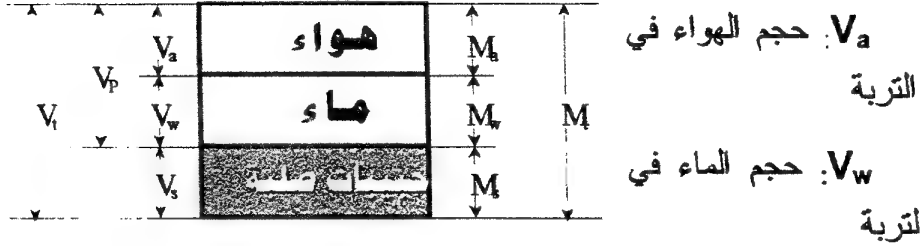


يوضح الشكل أن نصف حجم التربة تقريباً عبارة عن مادة صلبة ونصف الآخر فراغات وعندما تمتلئ الفراغات بالماء فإن التربة تكون مشبعة وعندما تفقد التربة الماء وتمتلئ الفراغات بالهواء فإن التربة تكون جافة، ولن حولي نصف ماء لتصبح ينزح لأسفل بالجاذبية (الماء الحر) ويحل محله الهواء والنصف الآخر ينقسم إلى جزئين جزء متاح للنبات وجزء آخر غير متاح للنبات.

١- الماء الشعري **capillary water**: هو ذلك الماء الممسوك ضد الجاذبية بالقوى الشعرية والذي يزيد عن الماء الهيجروسكوبي بالتربة وهذا الماء يوجد في الفراغات الشعرية. يعتمد الماء الشعري على حجم الفراغات بين حبيبات التربة. فكلما قل حجم هذه الفراغات زاد الماء الشعري بالتربة وعلى ذلك فالتربة الثقيلة (الطينية) يكون الماء الشعري بها أكبر من التربة الخفيفة (الرملية).

معادلات الخواص المائية للتربة:

من الرسم المقابل يمكن تعريف الرموز الآتية:



و من التعريفات السابقة يمكن تعريف كل من المحتوى الرطوبي للتربة

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

على أساس الوزن أو الكتلة θ_m والمحتوى

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b}$$

الرطوبي للتربة على أساس الحجم θ_v

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_b}$$

والكثافة الظاهرية للتربة ρ_b ومسامية

التربة N كما هو موضح في المعادلات المقابلة:

$$N = \frac{V_p}{V_b} = \frac{V_b - V_s}{V_b} = 1 - \frac{V_s}{V_b}$$

حيث ρ_s : كثافة الحبيبات الصلبة

$$N = 1 - \frac{M_s / \rho_s}{M_s / \rho_b} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

للتربة وهي تساوى ٢,٦٥

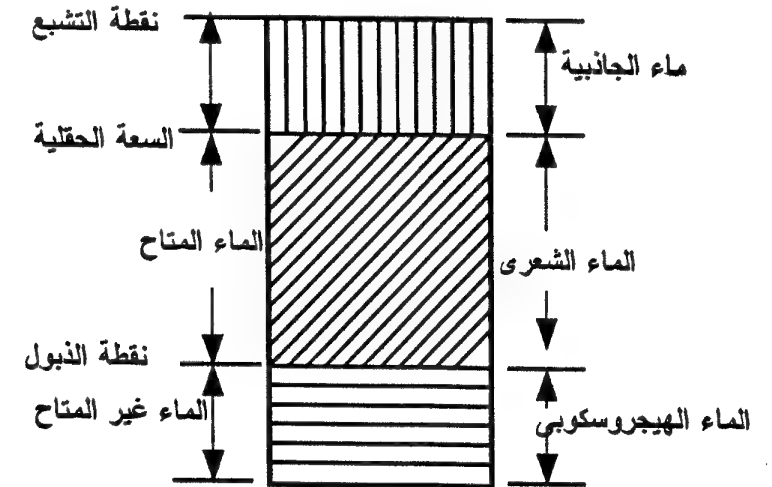
قوام التربة	ارتفاع الماء الشعري (سم)
سلتية ناعمة	٧٥٠
سلتية خشنة	٣٠٠
ناعمة جدا	١٠٠
رمل ناعم	٥٠
رمل متوسط	٢٥

٢- ماء الجاذبية Gravitational water : وهو الماء الزائد عن الماء

الهيجروسكوبى والماء الشعري والموجود في الفراغات الكبيرة

والذي ينزح لأسفل بالجاذبية.

ويمكن تمثيل تقسيم الرطوبة الأرضية في كلا التصنيفين بالرسم التخطيطي التالي:



جرام / سم^٣ ويطلق عليها الكثافة الحقيقية للتربة ويمكن تعريف الكثافة النسبية (Apparent specific gravity (γ_b) بأنها تساوى الكثافة الظاهرية للتربة منسوبة إلى كثافة الماء وحيث أن كثافة الماء ρ_w تساوى ١ جم / سم^٣ فإن الكثافة النسبية للتربة تساوى عددياً الكثافة الظاهرية ولكن بدون وحدات. فمثلاً إذا فرضت كثافة التربة ١,٦٥ فإننا نقصد الكثافة النسبية حيث لم نذكر وحدات أما إذا قلنا أن كثافة التربة ١,٦٥ جم/سم^٣ فإننا نقصد الكثافة الظاهرية حيث أننا ذكرنا الوحدات.

ويمكن تحويل كل من المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى إلى محتوى رطوبى للتربة على أساس حجمى حسب المعادلة الآتية:

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{M_w / \rho_w}{M_s / \rho_b}$$

$$\theta_v = \theta_m \left(\frac{\rho_b}{\rho_w} \right) = \theta_m \cdot \gamma_b$$

ومن المعادلة السابقة يمكن استنتاج الآتي:

$$V_w = \theta_m \cdot \gamma_b \cdot V_b$$

أي أن حجم الماء الموجود في قطاع التربة = المحتوى الرطوبى على أساس الوزن × الكثافة النسبية للتربة × الحجم الظاهرى للتربة.

ويمكن تجسيد هذه العلاقة بالرسم التخطيطي المقابل

$$V_b = a \cdot D$$

$$V_w = a \cdot d$$

حيث a : مساحة المقطع

وبالتعويض في المعادلة السابقة

$$a \cdot d = \theta_m \cdot \gamma_b \cdot a \cdot D$$

$$d = \theta_m \cdot \gamma_b \cdot D$$

وتنص المعادلة السابقة على

أن

عمق الماء في قطاع التربة = المحتوى الرطوبى على أساس وزنى × الكثافة النسبية × عمق القطاع
والجدول (٨-١) يوضح الصفات الطبيعية لبعض الأراضي مقسمة حسب قوامها.

واليك بعض الأمثلة البسيطة التى توضح حسابات المياه فى التربة
مثال ١: علبة رطوبة وزنها ١٠ جرام وضعت بها عينة تربة فكان وزن التربة بالعلبة ٥١٠ جرام وتم وزن العلبة بعد وضعها فى الفرن على درجة حرارة ١٠٥° لمدة ٢٤ ساعة فكان وزن العلبة بالتربة الجافة يساوى ٤١٠ جرام وكانت كثافة التربة الظاهرية ١,٣ جرام/سم^٣ وكثافة المياه ١ جم/سم^٣ وعمق التربة ١ متر. أوجد المحتوى الرطوبى للتربة على أساس وزنى ثم على أساس حجمى ثم عمق الماء بالتربة.

جدول (٨-١) الخواص الطبيعية للتربة:

قوام التربة	معدن / ساعة	%	الكثافة النسبية	% السعة الحقلية	% السعة الذبول	نقطة الذبول	المناخ %	الماء المتاح
رمل	٥٠ (٧٥٠-٢٥٠)	(٤٢-٣٢)	(١٠٨٠-١٠٥٠)	(٢٠-١٠)	(١٠-٣)	٧	٨	٨٠ (١٠٠-٦٠)
رملية لومية	٢٥ (٧٦-١٣)	(٤٧-٤٠)	(١٠٦٠-١٠٤)	(٢٧-١٥)	(١٢-٦)	٩	١٢	١٢٠ (١٥٠-٩٠)
لومية	١٣ (٢٠-٨)	(٤٩-٤٣)	(١٠٥٠-١٠٣٥)	(٢٠-١٥)	(١٧-١١)	١٤	١٧	١٧٠ (٢٠٠-١٤٠)
طينية لومية	٨ (١٥٠-٢٠)	(٥١-٤٧)	(١٠٣٠-١٠١٣)	(٤٢-٣١)	(٢٠-١٥)	١٨	١٩	١٩٠ (٢٢٠-١٦٠)
مليّة طينية	٢٠ (٥٠-٣)	(٥٣-٤٩)	(١٠٤٠-١٠٣)	(٤٥-٣٥)	(٢٢-١٧)	٢٠	٢٠	٢٠٠ (٢٣٠-١٨٠)
طينية	٠٠ (١٠٠-١)	(٥٥-٥١)	(١٠٣٠-١٠١٢)	(٤٩-٣٩)	(٢٤-١٩)	٢١	٢٣	٢٣٠ (٢٥٠-٢٠٠)

الحل: المحتوى الرطوبي على أساس وزني =

$$\text{وزن التربة الرطبة بالعلبة} - \text{وزن التربة الجافة بالعلبة} = \text{وزن التربة الجافة بالعلبة} \times 100 \times$$

$$= \frac{410 - 310}{310} \times 100 = 32.25\%$$

المحتوى الرطوبي على أساس حتمي = رطوبة التربة على أساس وزني %

× كثافة التربة

$$= 32.25\% \times 1.3 = 41.925\%$$

عمق الماء الموجود بالتربة (مم/متر) = $41.925 \times 10 = 419.25$ مم.

مثال : أخذت عينة تربة من الحقل حجمها ١٠٠ سم^٣ وكان وزنها ١٧٤ جرام. وكان وزنها بعد تجفيفها في الفرن ١٥٥ جرام. مع فرض أن كثافة الماء ١ جم/سم^٣ وكثافة التربة الصلبة ٢.٦٥ جم/سم^٣ أحسب: المحتوى الرطوبي للتربة على أساس وزني ثم على أساس حتمي - مسامية التربة -

المسامية الهوائية N_a , Air filled porosity

الحل

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s} = \frac{174g - 155g}{155g} = \frac{19g}{155g} = 0.123 = 12.3\%$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{19g / (1.0g/cm^3)}{100cm^3} = 0.19 = 19.0\%$$

$$\rho_b = \frac{155g}{100cm^3} = 1.55g/cm^3$$

$$V_s = \frac{M_s}{\rho_s} = \frac{155g}{2.65g/cm^3} = 58.5cm^3$$

$$V_s = V_b - V_w - V_s = 100.0 - 19.0 - 58.5 = 22.5cm^3$$

$$N = \frac{V_p}{V_b} = \frac{V_w + V_s}{V_b}$$

$$N = \frac{19.0cm^3 + 22.5cm^3}{100.0cm^3} = 0.415 = 41.5\%$$

$$N_a = \frac{V_a}{V_b} = \frac{22.5cm^3}{100.0cm^3} = 0.225 = 22.5\%$$

عمق الماء المتاح AW Available Water

يعرف عمق الماء المتاح في قطاع التربة بأنه الجزء من الرطوبة الأرضية الواقعة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وقد يعبر عنه كنسبة مئوية للحجم من المعادلة السابقة.

$$AW = \frac{d}{D} = \theta_m \cdot \gamma_b = (\theta_{f.c} - \theta_{p.w.p}) \gamma_b$$

حيث $\frac{d}{D}$: نسبة عمق الماء المتاح في التربة إلى عمق قطاع التربة

$\theta_{f.c}$: المحتوى الرطوبي للتربة على أساس وزني عند السعة الحقلية ،

كنسبة كسرية

θ_{PWP} : المحتوى الرطوبي للتربة على أساس وزني عند نقطة الذبول الدائم

كنسبة كسرية

وقد يعبر عن عمق الماء المتاح بعمق الماء بالمم الموجود في عمق واحد متر من التربة

ويمكن الحصول على ذلك بالتعويض عن قيمة $D = 1000 \text{ mm}$

$$AW = d = (\theta_{f.c} - \theta_{p.w.p}) \times \gamma_b \times 1000 \text{ mm/m}$$

وعمق الماء المتاح يختلف حسب قوام التربة كما هو مبين بالجدول (٨-١) ويمكن من الناحية العملية أن يؤخذ كما يلي:

Soil	Clayey	Loamy	Sandy	Coarse
AW mm/m	180	140	100	60

عمق ماء الري الصافي (dn) Net application depth

هو كمية مياه الري الصافية المطلوب إضافتها للتربة للوصول بعمق منطقة الجذور إلى الرطوبة عند السعة الحقلية أو بمعنى آخر تعويض الرطوبة المستنفذة في منطقة الجذور خلال الفترة بين الريات

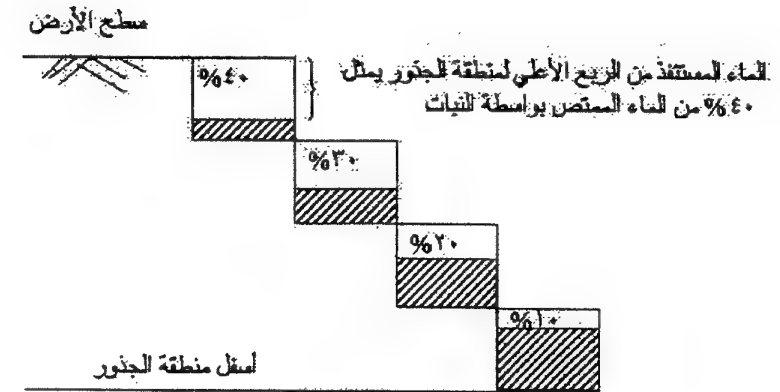
$$d_n = AW \times D \times P$$

حيث d_n : عمق ماء الري الصافي بالمم.

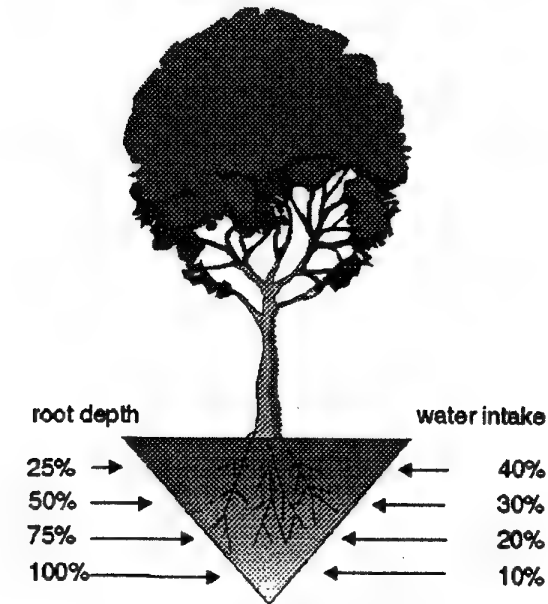
AW: عمق الماء المتاح بالمم / متر.

P: نسبة استنفاد الرطوبة المسموح بها Allowable depletion والتي لا تؤثر على استهلاك النبات من الماء وإنتاجية المحصول ويعبر عنها كنسبة كسرية من الرطوبة الكلية المتاحة وهي عادة تقع بين ٠,٤ إلى ٠,٦ حيث رقم ٠,٤ يؤخذ للمحاصيل الحساسة ذات الجذور السطحية ورقم ٠,٦ يؤخذ للمحاصيل ذات الجذور العميقة ومعدل الاستهلاك المائي المنخفض.

ويستخلص النبات حوالي ٤٠% من إحتياجاته المائية عن طريق الجذور المنتشرة في الربع الأول لعمق منطقة الجذور لذلك يتحكم الربع الأول لعمق الجذور في الفترة بين الريات ويعتبر الربع الحرج كما هو مبين في الشكل.



نسبة امتصاص الجذور من الماء خلال منطقة انتشار الجذور



توزيع الجذور

D: العمق الفعال للجذور بالمتري

وعمق منطقة الجذور في مرحلة بداية النمو للمحصول وهي فترة الاتبات والتكشف للبادرات تؤخذ عادة ٢٥ - ٣٠ سم والتي تمثل العمق الفعال للتربة والذي تستخلص البادرات مئة الرطوبة. وعمق منطقة الجذور في المرحلة الثانية وهي مرحلة تطور النمو للمحصول والتي تستمر حتى تمام النمو الخضري تنمو فيها الجذور بطريقة خطية تقريباً من ٢٥ - ٣٠ سم إلى أقصى عمق تصل إليه الجذور وقد تؤخذ هذه العلاقة بطريقة مبسطة وهي تعمق الجذور بمعدل ١ سم لكل يوم وأقصى عمق تصل إليه الجذور يمكن إيجاده إما بالخبرة العملية أو بطريقة تقريبية من الجدول (٨-٢) وهي بالتقريب ٦٠ سم للخضروات، ٧٠ سم للمحاصيل الحقلية، ١٠٠ سم لمحاصيل الفاكهة

(F) Irrigation Frequency الفترة بين الريات

تُحسب الفترة بين الريات كما يلي

$$F = \frac{d_n}{ET_c} = \frac{P.AW.D}{ET_c}$$

وحيث أن عمق الجذور (D) والاستهلاك المائي ET_c تتغير على مدار موسم النمو للمحصول فإن كل من عمق ماء الري الصافي (D_n) وكذلك الفترة بين الريات (F) تتغير أيضاً. وعند تصميم نظم الري يؤخذ في الاعتبار قيمة أقصى احتياج مائي يومي والذي عندئذ تكون أقصر فترة ري والجدول (٨-٣) يعطي قيم أقصى الاحتياجات المائية اليومية للمحاصيل المختلفة تحت ظروف مناخية مختلفة بالإضافة إلى الاحتياجات المائية الموسمية.

و جدول (٨-٢) يوضح عمق الجذور الفعال لبعض المحاصيل التي تنمو في تربة عميقة القطاع جيدة الصرف وكذلك نسبة استفاد الرطوبة المتاحة P وذلك عند استهلاك مائي للمحصول ٦-٥ مم/يوم وفي حالة استهلاك مائي ٣

وجداول (٢-٨) : عمق الجذور الفعال لبعض المحاصيل

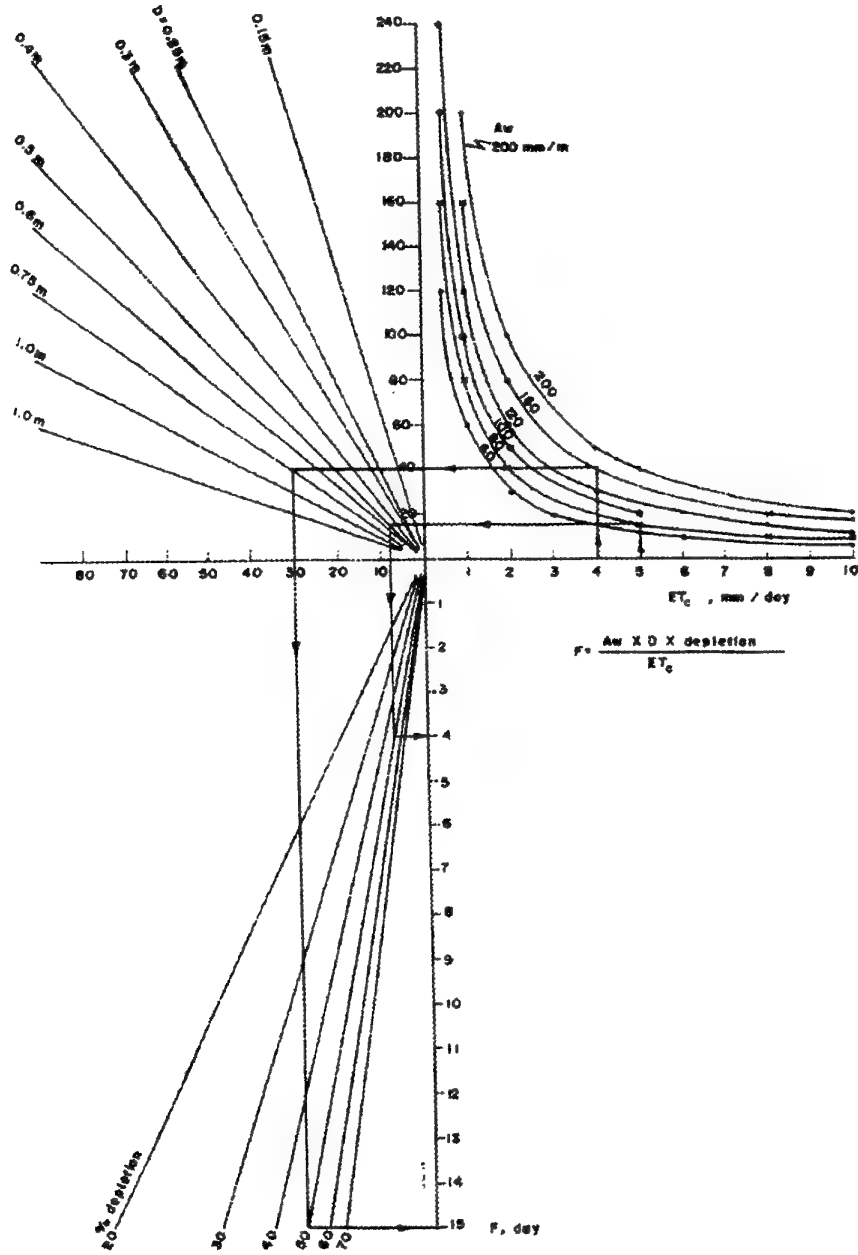
المحصول	الماتحة P	استنفاذ الرطوبة	عمق الجذور D سم	المحصول	الماتحة P	استنفاذ الرطوبة	عمق الجذور D سم
برسيم حجازي	٠,٥٥	٠,٥٥	٢,٠-١,٠	فول صويا	٠,٥	٠,٥	١,٣-٠,٦
شعير	٠,٥٥	٠,٥٥	١,٥-١,٠	سبانخ	٠,٢	٠,٢	٠,٥-٠,٣٠
فول	٠,٤٥	٠,٤٥	٠,٧-٠,٥	فراولة	٠,١٥	٠,١٥	٠,٣-٠,٢
بنجر علف	٠,٥	٠,٥	١,٠-٠,٦	بنجر السكر	٠,٥	٠,٥	١,٢-٠,٧
كرنب	٠,٤٥	٠,٤٥	٠,٥-٠,٤	قصب السكر	٠,٦٥	٠,٦٥	٢,٠-١,٢
جزر	٠,٣٥	٠,٣٥	١,٠-٠,٥	عباد الشمس	٠,٤٥	٠,٤٥	١,٥-٠,٨
كرفس	٠,٢	٠,٢	٠,٥-٠,٣	بطاطا	٠,٦٥	٠,٦٥	١,٥-١,٠
برسيم	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٩-٠,٦	طماطم	٠,٤	٠,٤	١,٥-٠,٧
قطن	٠,٦٥	٠,٦٥	١,٧-١,٠	خضروات	٠,٢	٠,٢	٠,٦-٠,٣
خيار	٠,٥	٠,٥	١,٢-٠,٧	قمح	٠,٥٥	٠,٥٥	١,٥-١,٠
كتان	٠,٥	٠,٥	١,٥-١,٠	محاصيل الفاكهة			
فول سوداني	٠,٤	٠,٤	١,٠-٠,٥	موز	٠,٣٥	٠,٣٥	٠,٩-٠,٥
ذرة	٠,٦	٠,٦	١,٧-١,٠	موالح	٠,٥	٠,٥	١,٥-١,٢
شمام	٠,٣٥	٠,٣٥	١,٥-١,٠	نخيل البلح	٠,٥	٠,٥	٢,٥-١,٥
بصل	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٥-٠,٣	فاكهة متساقطة الأوراق	٠,٥	٠,٥	٢,٠-١,٠
بملة	٠,٣٥	٠,٣٥	١,٠-٠,٦	عنب	٠,٣٥	٠,٣٥	٢,٠-١,٠
قلق	٠,٢٥	٠,٢٥	١,٠-٠,٥	زيتون	٠,٦٥	٠,٦٥	١,٧-١,٢
بطاطس	٠,٢٥	٠,٢٥	٠,٦-٠,٤				
قرطم	٠,٦	٠,٦	٢,٠-١,٠	لناتس	٠,٥	٠,٥	٠,٦-٠,٣

جدول (٢-٨). الاحتياجات المائية الموسمية وأقصى الاحتياجات المائية اليومية لبعض المحاصيل تحت

ظروف مناخية مختلفة بالمليمتر. المصدر (Sprinkler and Trickle Irrigation, J.Keller and Bliesner (1990)

الحرارة	معتدل	بارد	معتدل	حار	صحراوي مرتفع	صحراوي منخفض
الامتصاص المائي (مم)	يومي	يومي	يومي	يومي	يومي	يومي
برسيم حجازي	٥,١	٦,٤	٧,٦	٨,٩	١٠,٢	١٢,٩
قمح لو شعير	٣,٨	٣,٨١	٥,١	٥,٨	٥,٨	٥,٨
بنجر	٤,٦	٥,٨٤	٥,٨	٦,٩	٧,١١	٩,١
فول	٤,٦	٣,٣٠	٥,١	٦,١	٧,١	٧,٦
ذرة	٥,١	٥,٠٨	٤,٦	٥,٥٩	٧,٦	١٠,٢
قطن	-	-	٦,٤	٥,٥٩	٧,٦	١٠,٢
بملة	٤,٦	٣,٠٥	٤,٨	٣,٣٠	٥,١	٥,١
طماطم	٤,٦	٤,٥٧	٥,١	٥,٠٨	٥,٦	٧,١
بطاطس	٤,٦	٤,٠٦	٥,١	٤,٥٧	٦,٩	٥,٨٤
خضروات	٤,١	٣,٠٥	٤,٦	٣,٥٦	٥,١	٤,٥٧
شمام	٤,١	٣,٨١	٤,٦	٤,٠٦	٥,١	٥,٠٨
فراولة	٤,٦	٤,٥٧	٥,١	٥,٠٨	٥,٦	٦,١
والج بدون غطاء خضري	٤,١	٥,٠٨	٤,٦	٥,٥٩	٥,١	٦,٦
موالح بغطاء خضري	٥,١	٦,٣٥	٥,٦	٧,١١	٦,٤	٨,٨٩
فاكهة بدون غطاء خضري	٣,٨	٤,٨٣	٤,٨	٥,٣٣	٥,٨	٧,٦
فاكهة بغطاء خضري	٥,١	٦,٣٥	٦,٤	٧,١١	٧,٦	٨,٨٩
عنب	٣,٦	٣,٥٦	٤,١	٤,٠٦	٤,٨	٥,٠٨

الطريقة المختصرة لحساب الفترة بي الريات باستخدام المنحنيات كما هو موضح بالشكل التالي.



مم/يوم أو أقل تزداد قيمة P بمقدار ٣٠% وعندما تكون قيمة الاستهلاك المائي ٨ مم/يوم فأكثر تخفض قيمة P بمقدار ٣٠% وذلك بافتراض أن ملوحة محلول التربة المشبعة أقل من ٢ مللي موز/سم.

عمق ماء الري الاجمالي أو المضاف Gross Application depth (dg)

ويشمل عمق ماء الري الاجمالي إحتياجات الري أو المقتن المائي الفعلي (V) ويحسب من عمق ماء الري الصافي مضافاً إليه الإحتياجات الغسيلية وفوائد المياه والتي تتضمنها كفاءة نظام الري E_i .

$$d_g = \frac{d_n}{E_i(1-LR)}$$

زمن الري (t) Irrigation Time

يعتمد زمن الري على مقدار التصريف (q) والمساحة المطلوب ريها (A) ويمكن كتابة المعادلة الحجمية الأساسية في الري على النحو التالي: $q.t = dg \cdot A$

وتنص هذه المعادلة على أن التصريف بالمتر المكعب/ساعة مضروباً في زمن الري بالساعات يعطي حجم أو كمية المياه المضافة للحقل وهذه الكمية تساوي عمق مياه الري المضافة للمساحة وهي تمثل حجم أيضاً وبالتعويض عن قيمة d_g تنتج المعادلة التالية:-

$$q.t = \frac{d_n \cdot A}{E_i(1-LR)}$$

حيث t: زمن الري بالساعة

q: التصريف م^٣/س

Dn: عمق ماء الري الصافى بالمم

A: المساحة بالمتر المربع

E_i: كفاءة نظام الري كنسبة كسرية

LR: الاحتياجات الغسيلية كنسبة كسرية

قد تهمل الاحتياجات الغسيلية إذا قلت أو تساوى ١٠% ($LR \leq 0.10$) بإعتبار أن الماء المفقود بالتسرب العميق والداخل فى حساب كفاءة الري يقوم بعملية غسيل الأملاح أما إذا زادت الاحتياجات الغسيلية عن ١٠% فتضاف إلى مياه الري كما فى المعادلة السابقة.

مثال لحساب زمن الري فى الري السطحي

بحسب زمن الري اللازم للري بالخطوط إذا كانت أنبوبة السفينون المستعملة تصرفها ٠,٧٥ م^٣/س وطول الخط ٦٠ متر وعرض ٧٠سم والمطلوب إضافة عمق ماء ري إجمالى ٢٥مم

$$q \times t = A \times d_g$$

$$0.75 \times t = 90 \times 0.7 \times 0.025$$

$$t = 2.1 \text{ hrs}$$

مثال:

بحسب عمق الماء المتاح وكذلك عمق ماء الري الصافى والمضاف إذا فرضنا أن المساحة المنزرعة هي ٥ أفدنة بمحصول تتعمق جنورة ٦٠سم وأن نسبة الاستنفاد ٥٥% والاستهلاك المائى ٦,٥ مم/يوم كما أن كفاءة الري هي ٧٥% أحسب كمية المياه بالمتر المكعب للري الواحد كذلك الفترة بين الريات.

عمق التربة سم	الكثافة النسبية	السعة الحقلية %	نقطة الذبول %	عمق الماء المتاح (مم)
٣٠-٣٥	١,٧٣	٨,٣٥	٢,٢٤	٣١,٣٥
٦٠-٣٠	١,٦٥	٧,٤٥	١,٩٣	٢٧,٣٢

- عمق الماء فى منطقة الجذور (٦٠سم) = ٢٧,٣٢ + ٣١,٥٣ = ٥٨,٨٥مم
- عمق ماء الري الصافى فى الري الواحدة = عمق الماء المتاح \times نسبة الاستنفاد = ٥٨,٨٥ \times ٠,٥٥ = ٣٢,٤ مم
- عمق ماء الري الإجمالى للري الواحدة = ٣٢,٤ / ٠,٧٥ = ٤٣,٢ مم
- كمية المياه بالمتر المكعب للري الواحدة = ٤٣,٢ \times ٥ أفدنة \times ٤,٢ = ٩٠٦,٦ م^٣/ريه
- الفترة بين الريات = ٣٢,٤ / ٦,٥ = ٥ أيام

الاحتياجات المائية فى الري بالتنقيط

يعرف الري بالتنقيط بأنه نظام الري الذي يقوم بإضافة مياه الري بكميات قليلة وعلى فترات متقاربة مباشرة إلى منطقة الجذور وبذلك فهو يقوم بابتلال جزء من سطح التربة يعكس طرق الري الأخرى مثل الري السطحي (الغمر) والري بالرش.

ويترتب على معاملة الري بالتنقيط كباقي طرق الري الأخرى إهدار كميات كبيرة من مياه الري والأسمدة ومن هنا لابد من تعديل كميات مياه الري التي تضاف في الري الواحدة وكذلك تقصير الفترة بين الريات لتناسب الري بالتنقيط. فمن أهم خصائص الري بالتنقيط نسبة المساحة المبتلة

Percentage wetted area.

ابتلال التربة soil wetting

تقوم نظم الري بالتنقيط بابتلال جزء من مساحة سطح التربة ويطلق على هذا الجزء نسبة المساحة المبتلة PW ويعتمد على حجم وتصريف مياه الري المضافة عند كل منقط (نقطة انبعاث المياه) والمسافة بين المنقطات ونوع التربة. وفي العادة فإن المساحة المبتلة على سطح التربة تحت المنقط تكون أقل من المساحة المبتلة على عمق حوالي ١٥ إلى ٣٠ سم تحت سطح التربة حيث يشكل الحجم المبتل بصيلة مقلوبة inverted bulb-shaped وعلى ذلك يمكن تعريف نسبة المساحة المبتلة على أنها.. نسبة مساحة الابتلال تحت المنقطات على عمق ١٥ - ٣٠ سم تحت سطح التربة إلى المساحة المحصولية الكلية التي تخدمها هذه المنقطات.

وتتراوح نسبة المساحة المبتلة عند تصميم نظم الري بالتنقيط للأشجار المختلفة من ٣٠ % إلى ٥٠ % وغالباً ما تكون ٣٠ % حيث إنه بزيادة نسبة المساحة المبتلة تزيد تكاليف إنشاء شبكة التنقيط حيث يستلزم ذلك زيادة عدد النقاطات للشجرة الواحدة. بالإضافة إلى زيادة كمية الخراطيم المطلوبة للشبكة. بينما قد تصل نسبة المساحة المبتلة إلى ٩٠ % في حالة المحاصيل التي تزرع على صفوف متقاربة مثل الخضراوات حيث تصل المسافة بين خطوط التنقيط من ١ إلى ١,٥ متر.

عمق ماء الري الصافي الموسمي Net Seasonal irrigation depth D_n

وهو عمق ماء الري أو حجم ماء الري المطلوب خلال موسم النمو للحصول على نمو محصولي سائد وذلك للمساحة المحصولية الكلية مطروحاً منه أية مساهمات أخرى في تلبية الاحتياجات المائية مثل الأمطار أو الرطوبة المخترنة في التربة أو الرش من المياه الأرضية.

$$D_n = (ET_c - R_e - M_s) \cdot K_r$$

حيث أن ET_c الاستهلاك المائي للمحصول أو البخر نتج للمحصول خلال موسم النمو.

R_e : عمق المطر الفعال.

M_s : الرطوبة المخترنة في التربة من الموسم السابق أو الأمطار السابقة ومن الملاحظ هنا أن الأمطار تسقط على سطح الأرض بالكامل أي تقوم بابتلال سطح الأرض كله وهذا هو السبب في طرح هذه الكميات من الاحتياجات المائية التقليدية والتي تم حسابها على أساس ابتلال كل سطح الأرض وفي المناطق الجافة كما هو الحال في مصر فإنه عادة تعتبر أن تلبية الاحتياجات المائية تتم بالكامل عن طريق الري وتهمل بذلك كميات المطر وباقي المساهمات الأخرى أي تصبح المعادلة كالآتي:

$$D_n = ET_{crop} = ET_c \cdot K_r$$

حيث K_r معامل النقص أو التخفيض وسوف نتناوله بالتفصيل فيما بعد

عمق ماء الري الصافي للريّة الواحدة (Net application depth (d_n)
per irrigation

يمكن التعبير عن أقصى عمق ماء ري صافي يمكن إضافته في الريّة الواحدة للري بالتنقيط بنفس طريقة التعبير عنه في حالة الري السطحي والري بالرش ولكن بأخذ نسبة ابتلال التربة pw في الاعتبار كما يلي

$$d_n = \frac{(FC - PWP) \times \rho_a \times D \times 1000 \times dep \times P_w}{1000}$$

$$\therefore d_n = AW \times dep \times P_w$$

حيث FC رطوبة التربة على أساس وزني عند السعة الحقلية كنسبة كسرية.

PWP رطوبة التربة على أساس وزني عند نقطة الذبول الدائمة كنسبة كسرية

ρ_d الكثافة النسبية للتربة أو الكثافة الظاهرية جرام / سم³

D عمق منطقة الجذور بالمتر

dep نسبة الاستنفاد كنسبة كسرية

P_w نسبة التربة المبتلة كنسبة كسرية

AW عمق الماء المتاح (مم / متر) Available water

d_n عمق ماء الري الصافي بالمم

و كقاعدة عامة فإن نسبة الاستنفاد المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور غالباً ما تؤخذ ٣٠ % في الري بالتنقيط وذلك للمحاصيل الحساسة للجفاف drought - sensitive crops

و ترجع قلة نسبة الاستنفاد في الري بالتنقيط عن نسبة الاستنفاد في الري السطحي والري بالرش وهي ٥٠ % وذلك لقلة المخزون من الرطوبة في التربة حيث تصل نسبة الحجم المبتل من التربة إلى ٣٠ % - ٤٠ % في الري بالتنقيط وقد يأخذ أقل عمق منطقة جذور للخضروات ٣٠ سم أما أشجار الفاكهة النامية فيأخذ أقل عمق للجذور = ١ م

الفترة بين الريات (F) Irrigation frequency

تعتمد الفترة بين الريات على عمق ماء الري الصافي والاستهلاك المائي للمحصول ولذلك فهي تعتمد على كل من خواص التربة وخواص المحصول والعوامل الجوية وتحسب كالآتي-

$$F = d_n / ET_c$$

حيث F الفترة بين الريات باليوم.

d_n عمق ماء الري الصافي مم.

ET_c البخر نتح للمحصول بالمم/يوم.

وواضح إنه في حالة الري اليومي أي $F=1$ فإن

$$d_n = ET_c$$

$$d_n = ET_o \times K_c \times K_r$$

حيث K_c معامل المحصول الغير مصحح حسب نسبة المساحة المظللة

K_r معامل النقص أو التخفيض الذي يتم حسابه حسب نسبة المساحة المظللة

عمق ماء الري الإجمالي (d_g) Gross irrigation depth

هو عمق ماء الري أو حجم ماء الري المطلوب للمساحة المحصولية الكلية مطروحا منها أية مساهمات من مصادر أخرى مضافاً إليها فواقد المياه مثل الاحتياجات الغسيلية أو التسرب العميق تحت منطقة الجذور أو عدم إنتظام توزيع المياه وهو ما يطلق عليه انخفاض كفاءة نظام الري كما يلي

$$d_g = d_n / (E_a(1-LR))$$

حيث E_a كفاءة إضافة المياه أو كفاءة نظام الري Irrigation application efficiency

LR الاحتياجات الغسيلية leaching requirements

تعرف كفاءة الري بالتنقيط الكلية E_a كما يلي

$$E_a = K_s \cdot EU$$

حيث K_s معامل أقل من الواحد الصحيح يعبر عن فواقد التسرب العميق التي لا يمكن تلافيها وتعتمد على نوع التربة وحيث إنه من الصعب حسابها ولذلك تقدر على أساس نوع التربة فهي تساوي ٨٧ % في حالة التربة الرملية الخشنة، ٩١ % في حالة التربة الرملية، ٩٥ % في حالة التربة السلتية، ١٠٠ % في حالة التربة الطينية ولذلك فهي تأخذ عادة تساوي ٩٠ %.

$$E_a = 0.90 EU$$

حيث EU كفاءة انبعاث أو توزيع المياه في شبكة الري بالتنقيط.

في حالة ما إذا كانت الاحتياجات الغسيلية تقل عن ١٠ % أو $(1 - K_s)$ LR فإنه يمكن إهمال الاحتياجات الغسيلية في هذه الحالة حيث إن الفاقد بالتسرب العميق سوف يقوم بعملية الغسيل، إما إذا كانت الاحتياجات الغسيلية تزيد عن ١٠ % أو $(1 - LR)$ فإنه يمكن إهمال K_s في هذه الحالة وتؤخذ الاحتياجات الغسيلية في الاعتبار عند حساب عمق ماء الري الإجمالي.

في حالة استخدام الرشاشات المصغرة (mini/micro sprinklers) أو الرذاذات (micro sprayers) لري الأشجار في شبكة الري بالتنقيط فإن جزءاً من قطرات المياه تفقد بالبخر والانجراف بالرياح أي فواقد الرذاذ spray losses وعلى ذلك يجب تعديل كفاءة الري E_a لتكون

$$E_a = K_s \cdot EU \cdot \left(1 - \frac{\% \text{Spray Losses}}{100}\right)$$

وتتراوح قيم الفاقد بالبخر بين ٢-١٠ % حسب حالة الجو من حرارة ورطوبة وسرعة رياح كما تعتمد على نوع الرشاشات الصغيرة وقطر قطرات المياه.

كفاءة انبعاث أو توزيع المياه في شبكة الري بالتنقيط Emission uniformity (EU)

تصف كفاءة انبعاث المياه مدى انتظام توزيع المياه على النباتات داخل الحقل. ولهذا فهو يعتبر واحد من مؤشرات أداء نظام الري. ويطلق عليه في الري بالرش بكفاءة توزيع المياه (DU) Distribution Uniformity ويقدر حقلًا بمتوسط ٢٥ % من أقل النقاطات تصرفاً بالنسبة لمتوسط تصرف النقاطات في حالة الري بالتنقيط أما في حالة الري بالرش فيقدر بمتوسط أقل ٢٥ % من عدد غلب تقدير المياه المتساقطة في الغلب. ويمكن التعبير عن ذلك بوجه عام كما يلي $DU = EU$ = متوسط أقل ربع مقسوماً على متوسط كل أعماق ماء الري المتجمع أو المتسرب في التربة.

وفي الري بالتنقيط تقدر كفاءة انبعاث المياه حقلًا EU-Field test كما يلي

$$EU = \frac{q_{LQ}}{q_{Av}}$$

حيث EU كفاءة انبعاث المياه.

q_{LQ} متوسط أقل ربع لتصرفات النقاط.

q_{Av} متوسط تصرفات النقاطات في الحقل.

ويمكن تقدير كفاءة انبعاث المياه في الري بالتنقيط أيضاً من تصميم الشبكة الجديدة EU-design estimate من المعادلة الآتية

$$EU = \left(1.0 - \frac{1.27 \cdot CV}{\sqrt{n}}\right) \frac{q_{min}}{q_{Av}}$$

حيث q_{min} أقل تصرف للنقاط خلال شبكة الري بالتنقيط والذي يقابل أقل ضغط في الشبكة.

q_{Av} متوسط تصرف النقاطات خلال شبكة الري بالتنقيط والذي يقابل ضغط التشغيل المتوسط للنقاطات.

n عدد النقاطات لكل نبات.

CV معامل الاختلاف في تصنيع النقاطات.

Manufacturers' coefficient of variation

ويعرف معامل الاختلاف إحصائياً بالآتي $CV = S/\bar{x}$

حيث S الانحراف القياسي أو المعياري لتصرفات عينة من النقاطات الجديدة.

\bar{x} متوسط التصرفات لعينة النقاطات.

ففي شبكة الري بالتنقيط الجديدة أي التي لا يوجد بها انسداد في النقاطات يرجع الاختلاف في تصرف النقاطات إلى عاملين أساسيين أولهما من الاختلاف في تصنيع النقاطات أي الدقة والضبطية في أثناء عملية التصنيع والعامل الثاني ويرجع إلى اختلاف الضغط داخل خطوط الشبكة نتيجة الفواقد الهيدروليكية لسريان المياه داخل الشبكة مثل فاقد الضغط نتيجة الاحتكاك والوصلات بالشبكة. ولذلك لفصل العاملين من بعضهما يتم تقدير معامل الاختلاف في التصنيع عن طريق أخذ عينة من النقاطات الجديدة brand new من المصنع كان تكون ٤٠ نقاط مثلاً ويتم تقدير التصرف لهم تحت ضغط معين وهو في الغالب ضغط التشغيل الموصى به وبعد ذلك يؤخذ متوسط قراءات التصرف لعينة النقاطات \bar{x} ويتم حساب الانحراف القياسي S وبعد ذلك يتم حساب معامل الاختلاف في التصنيع كما في المعادلة السابقة. ويتم تقسيم النقاطات حسب قيمة معامل الاختلاف كما يلي

جدول (٨-٤) تقسيم النقاطات الجديدة حسب معامل الاختلاف (ASAE)

التقسيم	معامل الاختلاف	كفاءة قِبْعَت المياه EU
ممتازة EXCELLENT	أقل من ٠,٠٥	٩٤-١٠٠%
متوسطة Average	٠,٠٧-٠,٠٥	٨١-٨٧%
مقبولة Marginal	٠,١١-٠,٠٧	٦٨-٧٥%
رديئة Poor	٠,١٥-٠,١١	٥٦-٦٢%
غير مقبول Unacceptable	أكبر من ٠,١٥	أقل من ٥٠%

فمعامل اختلاف قدرة ٠,٠٥ يعني أن ٩٥ % من تصرف النقاطات يقع في مدى ١٠ % من متوسط التصرف سواء بالزيادة أو النقصان ويجب عند شراء النقاطات التأكد من أن معامل الاختلاف في التصنيع لا يزيد عن ٠,٠٥

بالعودة إلى معادلة حساب كفاءة الانبعاث التصميمية نجد أنها تتكون من شقين شق خاص بتغير التصرف خلال الشبكة نتيجة تغير الضغط وهو النسبة بين أقل تصرف إلى التصرف المتوسط والشق الثاني خاص بالتغير في تصرف النقاطات نتيجة الاختلاف في التصنيع وقد تم إدخال عامل آخر وهو عدد النقاطات للنبات أو الشجرة حيث أن بزيادة عدد النقاطات يقل الاختلاف وحيث أن كفاءة الانبعاث أو كفاءة التوزيع تعبر عن متوسط أقل ربع في التصرفات إلى متوسط التصرفات فقد تم افتراض أن تصرف النقاط هو متغير عشوائي يتبع التوزيع الطبيعي (normal distribution) وتعتمد دالة كثافة التوزيع الطبيعي على المتوسط الحسابي والانحراف القياسي للمتغير العشوائي وهو في هذه الحالة تصرف النقاط. والمتغير الطبيعي المعياري يساوي ١,٢٧ وبذلك يمكن القول بأن ١٠ % من النقاطات يقل تصرفها عن $EU-q_{av}$.

وتقسم قيم كفاءة انبعاث المياه حسب درجة قبولها طبقاً لتقسيم الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين ASAE كما في الجدول السابق.

وعموماً فإن كفاءة توزيع المياه في الشبكات التي يكون المسافة بين صفوف الأشجار بها أكبر من ٤ متر تصمم بحيث تكون ٩٠ إلى ٩٥% إما إذا كانت المسافة بين الصفوف أقل من ٤ متر تصمم بحيث تكون ٨٥-٩٠% أما في حالة خطوط التنقيط الذاتية أي ذات منقطات داخلية Line source فتصمم بحيث تكون ٨٠-٩٠%.

الاحتياجات المائية وعلاقتها بالري بالتنقيط

يستخدم الري بالتنقيط أساساً لري الأشجار والمحاصيل التي تزرع على صفوف حيث تشغل النباتات جزء من سطح التربة فقط والغطاء النباتي للمحاصيل التي تزرع على مسافات متسعة أو الأشجار الصغيرة يستقبل فقط جزء من الإشعاع الشمس الساقط بينما في الري السطحي والري بالرش فإن الجزء المبث من سطح التربة غير المظلل أو المغطى بالنباتات يتسبب في فقد جزء من مياه الري سواء في البخر من سطح التربة أو النتج من الحشائش ولهذا فإن جزء من الاحتياجات المائية للمحاصيل والتي تم تقديرها بالطريقة التقليدية تحتوي على الجزء المفقود بالنتج من الحشائش والبخر من سطح التربة المبث والذي لا يحتوي على غطاء نباتي وبالتالي فإنه يستخدم معامل التخفيض أو معامل الغطاء النباتي (K_r) reduction factor عند تحديد الاحتياجات المائية في الري بالتنقيط على أساس K_c هو للمحصول كامل النمو أي غير مصحح ثم تصحح حسب نسبة الغطاء النباتي وعمر النبات ونلاحظ أن طريقة الفاو FAO تعدل معامل المحصول حسب نسبة الغطاء النباتي بينما الطرق الأخرى تستعمل المعامل العادي (للمحصول كامل النمو) ثم تضربه في معامل التخفيض أي أن:

$$ET_c = ET_o \cdot K_{c_{adjusted}} \quad \text{FAO}$$

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_r \quad \text{Other}$$

و توجد عدة معادلات تستخدم في حساب معامل التخفيض أو معامل الغطاء النباتي سوف نتعرض لها بالتفصيل كما يلي:

أولاً: طريقة كيلر وكرميللي (Keller and Karmeli 1974)

وهي طريقة بسيطة عبارة عن علاقة مباشرة بالنسبة المئوية للمساحة المظللة كما يلي:

$$K_r = \min\left(\frac{GC}{85}, 1\right)$$

حيث أن GC (ground Cover) هو النسبة المئوية للمساحة المظللة بالغطاء النباتي وتؤخذ على أنها النسبة المئوية من سطح الأرض الذي تظله المساحة الورقية للنباتات عند النظر عمودياً على سطح الأرض عند ساعة الظهيرة وقيمة K_r تصل إلى قيمتها العظمى وهي الولحد الصحيح عندما يصل الغطاء النباتي إلى ٨٥% أو أكثر وفي هذه الحالة تتساوى قيمة الاحتياجات المائية للري بالتنقيط مع الري بالرش والري السطحي

ثانياً : طريقة الفاو رقم ٥٦ Allen, 1998

وهو أحدث تعديل في حساب الاحتياجات المائية يتم حساب معامل المحصول المعدل في حالة الري بالتنقيط باستخدام المساحة المظللة (GC) وارتفاع النباتات (h) كما يلي

$$K_{c_{mid}} = K_{c_{min}} + (K_{c_{full}} - K_{c_{min}}) \times \left\{ \min \left[1, 2f_c, f_c \left(\frac{1}{1+h} \right) \right] \right\}$$

حيث $K_{c_{mid}}$ هو معامل المحصول المعدل لمرحلة ثبات النمو Mid season

K_{cmin} معامل المحصول للأرض المكشوفة بدون غطاء نباتي bare soil أي للبخار من سطح الأرض وهو يتراوح بين ٠,١٥ إلى ٠,٢٠

K_{cfull} معامل المحصول الكامل النمو أي في أقصى حجم وارتفاع له Peak plant size or height و هو يساوي ١,٢ أو ١ أو ٠,٧ وذلك حسب نوع المحصول ويمكن إيجاده من جداول معامل المحصول

f_c نسبة الغطاء النباتي أي GC أو المساحة المظللة بواسطة الشجرة

h ارتفاع الشجرة أو النبات بالمتر

و يمكن وضع المعادلة السابقة في صيغة تلائم ما سبق شرحه كما يلي

$$K_c = K_{cmin} + (K_{cfull} - K_{cmin}) \times GC^{\left(\frac{1}{1+h}\right)}$$

و بتعديل وضع المعادلة للحصول على معامل التخفيض K_r

$$\frac{K_c - K_{cmin}}{K_{cfull} - K_{cmin}} = GC^{\frac{1}{1+h}} \text{ dividing by } K_{cfull}$$

$$\therefore GC^{\frac{1}{1+h}} = \frac{\frac{K_c}{K_{cfull}} - \frac{K_{cmin}}{K_{cfull}}}{1 - \frac{K_{cmin}}{K_{cfull}}}$$

$$\therefore K_r = \frac{K_c}{K_{cfull}} = \frac{K_{cmin}}{K_{cfull}} + \left(1 - \frac{K_{cmin}}{K_{cfull}}\right) \times GC^{\frac{1}{1+h}}$$

و يلاحظ أنه يمكن من معادلة الفاو الحصول على نفس القيمة لمعامل

المحصول الناتج من معادلة Keller and Bliesner , 1990 و ذلك بتعويض عن:

$$K_{cmin}=0.15, K_{cfull} = 1.2, h=0.7$$

فعند تعويض في المعادلة السابقة بهذه القيم ينتج

$$K_r = 0.125 + 0.875 GC^{(1/1+0.7)}$$

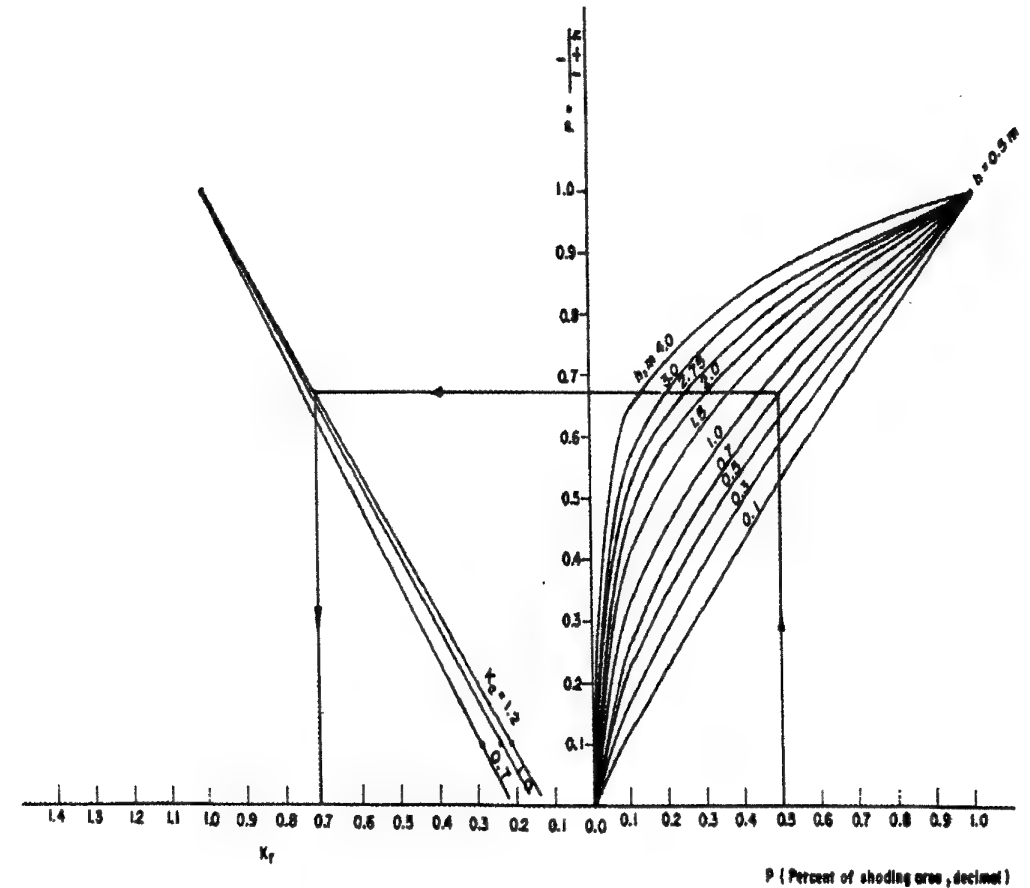
$$K_r = 0.125 + 0.875 GC^{(.588)}$$

و كمثال بالتعويض في المعادلة عند نسبة الغطاء النباتي ٥٠ % في

$$K_r = 0.707 \text{ ينتج}$$

و بالتعويض في معادلة Keller بنسبة الغطاء النباتي % 50 $GC = 50$ ينتج $K_r = 0.707$ و هي نفس القيمة وبهذا يتضح أن معادلة Keller أخذت ارتفاع النبات كقيمة ثابتة تساوي ٠,٧ متر أما معادلة الفاو فهي معادلة عامة تأخذ ارتفاع النبات كمتغير لذلك يمكن القول بأن معادلة Keller تهمل ارتفاع النبات بينما تأخذ معادلة الفاو في الاعتبار ارتفاع النبات. ويؤثر ارتفاع النبات في مقاومة الهواء الديناميكية aerodynamic resistance ووحداتها عكس السرعة أي ثانية/متر فهي تحدد انتقال الحرارة وبخار الماء من سطح التبخير للهواء فوق الغطاء النباتي canopy ولتبسيط معادلة الفاو فقد تم تمثيلها بيانياً كما في الشكل التالي وذلك بأخذ قيمة $K_{cmin} = 0.15$ وذلك عند قيم مختلفة لأقصى قيمة لمعامل المحصول K_{cfull} تساوي ١,٢ و ١,٠ و ٠,٧ فبمعرفة قيمة نسبة المساحة المظللة وارتفاع النبات وأقصى معامل محصول يمكن الحصول على معامل التخفيض K_r

مثال استخدام الشكل التالي في إيجاد معامل التخفيض إذا كانت نسبة المساحة المظللة ٠,٥٠ وارتفاع المحصول ٠,٧ متر وأقصى معامل محصول ١,٢ في هذه الحال يكون معامل التخفيض K_r يساوي ٠,٧



ثالثا طريقة فريمان وجرزولي

يقترح (Freeman and garzoli) أن البخر من سطح التربة غير المغطاة بالنباتات يساوي نصف قيمة البخر من الغطاء النباتي وبالتالي حينما تغطي النباتات الأرض تغطية كاملة فإن قيمة معامل التخفيض تساوي الواحد

الصحيح. وعندما يشغل الغطاء النباتي نسبة تقل عن ٥٠ % من مساحة سطح التربة فإن معامل التخفيض في هذه الحالة يتساوى مع نسبة الغطاء النباتي حيث أن الماء الذي يفقد بالبخر من سطح التربة غير المظلل في هذه الحالة يمكن إهماله ويمكن صياغة هذا الفرق في المعادلة التالية كالآتي

$$K_r = GC + \frac{1}{2}(1 - GC)$$

رابعا : طريقة كيلر وبلزنر

اقترح (Keller and Bliesner , 1990) تعديلا للطريقة القديمة بالمعادلة الآتية:

$$K_r = 0.1\sqrt{GC}$$

$$GC = \frac{A_s \times 100}{S_p \times S_r}$$

حيث A_s المساحة الأفقية المظللة و S_r المسافة بين صفوف الأشجار و S_p المسافة بين الأشجار في الصف

و في حالة الأشجار الناضجة فإن النسبة المنوية للمساحة المظللة تبلغ أقصى قيمة لها وهي ٧٨,٥ % على أساس أنها تمثل دائرة دخل مربع طول ضلعه S وتحسب كالآتي

$$GC = \frac{\frac{\pi}{4} \times S^2}{S^2} \times 100 = 78.5\%$$

خامسا : طريقة وزارة الزراعة الأمريكية (SCS 1984)

يتبنى قسم خدمات صيانة التربة التابع لهذه الوزارة الصيغة التالية في كتابها عن الري بالتنقيط:

$$K_r = GC + 0.15 (1 - GC)$$

سادسا : طريقة ديكرويس Decroix

وتتلخص هذه الطريقة في ما يلي:

$$K_r = \min(1, (0.10 + GC))$$

أي نسبة التغطية + ٠,١ بما لا يجاوز الواحد الصحيح.

حساب زمن الري في الري بالتنقيط

يحسب زمن الري في الري بالتنقيط على أساس التعويض اليومي للاستهلاك المائي ففي حالة استخدام المنقطات Emitters أو الرشاشات المني mini sprinkler فإن زمن التشغيل اليومي بالساعات t يحسب كالآتي

$$\text{زمن الري اليومي بالساعات} = \frac{\text{مساحة الشجرة (م}^2\text{)} \times \text{الاستهلاك المائي (مم/يوم)}}{\text{كفاءة الري} \times \text{عدد المنقطات للشجرة} \times \text{تصرف المنقط (لتر/س)}}$$

أما في حالة استخدام أنابيب التنقيط drip tube للمحاصيل التي تزرع على خطوط

$$\text{زمن الري اليومي بالساعات} = \frac{\text{المسافة بين الصفوف} \times \text{الاستهلاك المائي (مم/يوم)}}{\text{كفاءة الري} \times \text{التصرف لكل متر طول من أنابيب التنقيط}}$$

مثال عند حساب الاستهلاك المائي اليومي للقطن كان ٧,٢ مم / يوم وكانت المسافات بين الصفوف ١ متر وكان تصرف أنابيب التنقيط ٤ لتر / س لكل متر طول وكانت كفاءة نظام الري ٩٠% أحسب زمن التشغيل اليومي لنظام الري.

الحل

$$t = \frac{1 \times 7.2}{0.9 \times 4} = 2 \text{ hrs}$$

مثال أحسب زمن التشغيل اليومي لشبكة ري بالتنقيط لأشجار فاكهة تزرع على مسافات ٥ × ٥ متر والاستهلاك المائي ٦ مم / يوم وكفاءة نظام الري ٩٠% وتروى كل شجرة برشاش ميكرو Micro sprinkler تصرفه ٣٨ لتر/س.

الحل

$$t = \frac{5 \times 5 \times 6}{0.9 \times 38} = 4.4 \text{ hrs}$$

حساب زمن الري في الري بالرش

أما في حالة الري بالرش فيحسب زمن تشغيل نظام الري من معدل الرش للرشاشات المستعملة فإذا كان نظام الري بالرش ثابت أو متقل سواء باليد أو على عجل فإن معدل الرش يحسب كالآتي

$$I = \frac{Q \times 1000}{S_i \times S_m}$$

حيث I = معدل الرش مم / ساعة

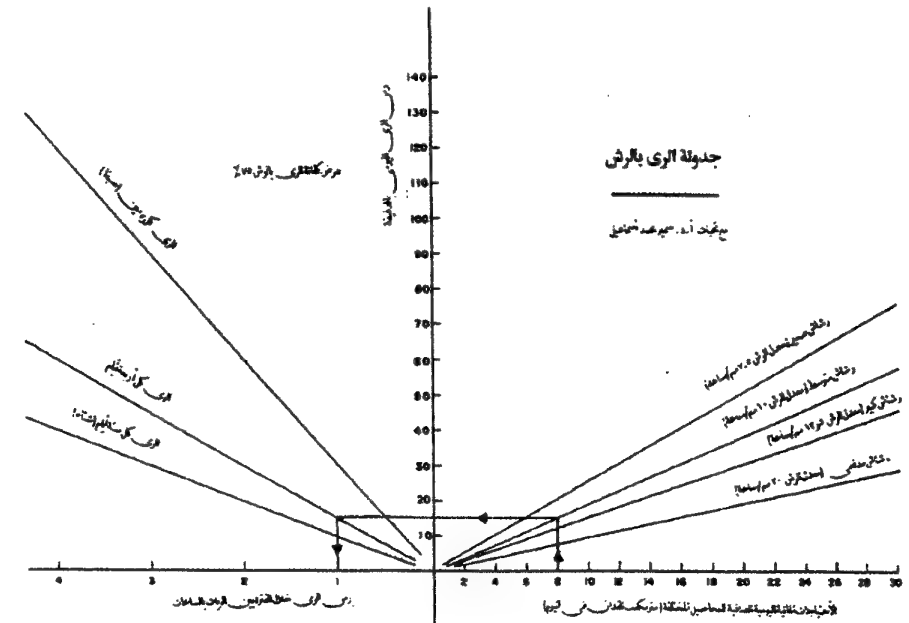
Q = تصرف الرشاش م^٣ / س

S_i = المسافات بين الرشاشات على خط الرش بالمتر

S_m = المسافات بين خطوط الرش بالمتر

ويحسب زمن الري كالآتي

$$\text{حيث } t = \frac{d_g}{I} \text{ زمن الري بالساعات}$$



الطرق المستخدمة في تحديد رطوبة التربة

من الطرق السهلة والسريعة والتي يستخدمها المزارع في الحكم علي رطوبة التربة هي طريقة المظهر والإحساس باليد *Feel and Appearance* ولكنها تحتاج إلى خبرة كافية ويتم بأخذ حفنة من التربة ووضعها في راحة اليد ثم الضغط عليها لتكوين كرة أو فركها بين الإبهام والإصبع الأكبر. أما الطرق العلمية الأكثر دقة في تحديد رطوبة التربة فهي:-

١- عينات الرطوبة Gravimetric Sampling

تؤخذ عينات من التربة توضع في علب رطوبة محكمة. ثم توزن وتجفف في الفرن لمدة ٢٤ ساعة تحت درجة ١٠٥ مئوية ثم توزن مرة أخرى بعد خروجها من الفرن ويكون الفرق في الوزن هو وزن الرطوبة في العينة وبقسمة وزن الرطوبة علي وزن التربة الجافة ينتج المحتوى الرطوبة للتربة.

٢- التتسيوميترات Soil Tensiometers

ويتركب جهاز التتسيوميتر من أنبوبة في أحد نهايتها إصبع من السيراميك والنهائية الأخرى بها عداد لقياس الشد أو الضغط السالب (التفريغ). ويوضع إصبع السيراميك في التربة ويقوم العداد بتسجيل مقدار الشد الرطوبي الناتج عن جفاف التربة. وعن طريق استخدام منحنيات تربط بين الشد الرطوبي والمحتوي الرطوبي للتربة *soil moisture characteristic curve* يمكن إيجاد المحتوى الرطوبي للتربة وهذه المنحنيات يتم الحصول عليها بمعايرة التربة معمليا.

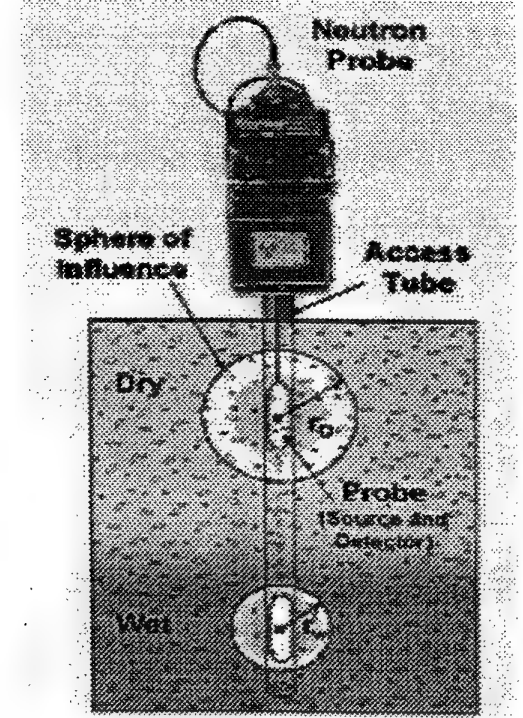
٣- قياس المقاومة الكهربائية Electrical resistance

وتعتبر هذه الطريقة غير مباشرة في تقدير الشد الرطوبي للتربة *Soil water tension* والتي تحول بعد ذلك إلى المحتوى الرطوبي طبقا لمنحنيات الشد الرطوبي للتربة. وهذا الجهاز عبارة عن قطعة من الجبس *Gypsum block* تحتوي بداخلها علي موصلين كهربيين *Two electrodes*. فعند وضع قطعة الجبس داخل التربة تنفذ إليها الرطوبة وتصبح رطوبتها مساوية الرطوبة التربة المحيطة بها. ويتم قراءة المقاومة الكهربائية بين الموصلين بواسطة جهاز قياس المقاومة الكهربائية أوم ميتر *Ohmmeter* وغالبا ما تتأثر القراءة بمقدار الأملاح الموجودة في التربة ولهذا يتطلب معايرة الجهاز لكل نوع من التربة.

٤- جهاز النيوترون Neutron probes

وهي طريقة دقيقة لقياس رطوبة التربة حيث يحتوي الجهاز علي مصدر للنيوترونات السريعة *Fast neutron source* حيث تقوم نواة الهيدروجين في جزيئات الماء الموجودة بالتربة بتفريغ وأبطاء النيوترونات الصادرة من الجهاز. ويوجد داخل الجهاز مجس *Sensor* لعد النيوترونات التي تم إبطائها

بواسطة جزيئات الماء thermalized neutrons في التربة. ويوجد منحنيات لمعايرة الجهاز من المصنع ولكن للحصول على قياسات دقيقة يجب معايرة الجهاز لكل نوع من التربة.



جهاز النيوترون لقياس رطوبة التربة

٥- جهاز نطاق الانعكاس الزمني

Time domain reflectrometer (TDR)

وتعتمد هذه الطريقة على قياس انتشار النبض الكهربائي الذي تعتمد على ثابت العزل الكهربائي للتربة Soil dielectric constant. حيث يوجد علاقة مباشرة لكل من المحتوى الرطوبي للتربة والتوصيل الكهربائي بثابت العزل الكهربائي للتربة. ويقوم الجهاز بتسليط نبضة فرق جهد على قضيبين كهربيين داخل التربة. ويقوم الجهاز بقياس سرعة انتشار وسعة الإشارة الناتجة في تقدير المحتوى الرطوبي للتربة.

جهاز قياس الشد الرطوبي (التنسيوميتر) Tensiometer

يتركب التنسيوميتر من أنبوبة شفافة تملأ بالماء ذات طول يختلف باختلاف



العمق المراد قياس الشد الرطوبي. ويتصل الطرف السفلي من الأنبوبة بإصبع مسامي من السيراميك والطرف العلوي بعدد لقياس الضغط السالب أو التفريغ. ويستعمل الجهاز في قياس الشد الرطوبي في التربة لتتبع التغيرات في رطوبة التربة. والفكرة الأساسية للجهاز هي إيجاد اتزان بين الشد الممسوك به الماء إلى حبيبات التربة والضغط السالب للماء داخل الجهاز بمعنى أنه إذا امتلأ الجهاز بالماء وأحكم إغلاقه ثم وضع إصبع السيراميك في التربة فإن الماء سيتحرك من الجهاز إلى التربة حيث الشد الأكبر للمياه مسبباً ضغطاً سالباً يسجل على العداد ويزداد هذا الضغط السالب الناتج عن التفريغ داخل الجهاز كلما زاد الفقد من الماء إلى أن يصل إلى ٠,٨ بار (٨٠ سنتي بار) وعندئذ يفقد الجهاز دقته وحساسيته حيث أن الهواء الموجود في التربة سينفذ من خلال مسام السيراميك ولذلك فإن استعمال التنسيوميتر محدود بمجال معين من الضغط وهو يتراوح من صفر إلى ٠,٨ بار مما يحدد صلاحيته في الأراضي الطينية لمدى غير كبير من الماء المتاح للنبات ولكن يكون مناسباً جداً للأراضي الرملية الخفيفة حيث أن معظم الماء الممكن الحصول عليه بواسطة النبات يكون في حدود فروق الضغط الممكن قياسها.

القراءة على الجهاز صفر توضح أن التربة مشبعة وأن معظم جنور النبات ستعاني من نقص الأكسجين. وقراءة العداد في المدى من صفر-١٠

سنتي بار تدل على وجود فائض في المياه هذه المياه يتم صرفها بالجاذبية في مدى يوم أو يومين على الأكثر وفي حالة استمرارها يدل على سوء حالة الصرف في التربة. أما قراءة العداد في المدى من ١٠-٢٠ سنتي بار تدل على حالة الرطوبة المثلى عند السعة الحقلية للتربة وتوافر الأكسجين أيضاً في حالة التربة الرملية الخفيفة عند زراعة محاصيل حساسة لنقص الرطوبة مثل البطاطس قد يكون من الأفضل بدء عملية الري عندما تصل قراءة العداد من ١٥-٢٠ سنتي بار لإعطاء وقت كافى للرى قبل أن يحدث تأثير على المحصول من زيادة الشد الرطوبى. وأما القراءة على العداد من ٢٠-٤٠ سنتي بار فإنه يجب البدء في عملية الري في حالة التربة الرملية الخفيفة من ٢٠-٣٠ سنتي بار بخلاف التربة الرملية الناعمة فيستأنف الري عند ٣٠-٤٠ سنتي بار. ويستأنف الري في حالة التربة المتوسطة القوام عند مدى القراءة من ٤٠-٦٠ سنتي بار. ترتفع إلى المدى ٦٠-٨٠ سنتي بار في حالة التربة ثقيلة القوام

وعموماً يمكن استخدام التنسيوميتر بنجاح في جدولة الري للتربة التي يستنفذ ٥٠% من الماء المتاح للنبات بها في خلال نطاق قراءة التنسيوميتر كما يتضح من العلاقة بين الشد الرطوبى والنسبة المئوية للرطوبة المستفيدة من الماء المتاح والمبينة من الشكل (٨-٢).

تركيب وإزالة وتخزين التنسيوميترات

يتم تركيب التنسيوميتر بعمل حفرة بالعمق المطلوب بواسطة ماسورة قطر نفس قطر التنسيوميتر (نصف بوصة) ثم يصب بعض الماء (٥٠ مل) في الحفرة ويوضع التنسيوميتر في الحفرة ويدمك حولها تربة بارتفاع من ٥-٨ سم وذلك لمنع تسرب الماء داخل الحفرة ويجب ألا تؤخذ القراءة إلا بعد مضي حوالى ٣ إلى ٦ ساعات حتى تستقر حالة السريان الهيدروليكي. وعند تخزين التنسيوميترات في نهاية موسم الزراعة فإنه في حالة التخزين مدة حوالى أسبوعين يتم نزع التنسيوميتر من التربة وغسله من التربة بالماء ثم

يوضع في وعاء مملوء بالماء ويحفظ لحين استخدامه. أما إذا كان المطلوب تخزينه مدة طويلة فإنه ينزع من التربة ويغسل بالماء ثم يخزن دون وضعة في الماء.

وعند استعماله مرة أخرى يملأ بالماء ثم يوضع في وعاء من الماء لحين استعماله.

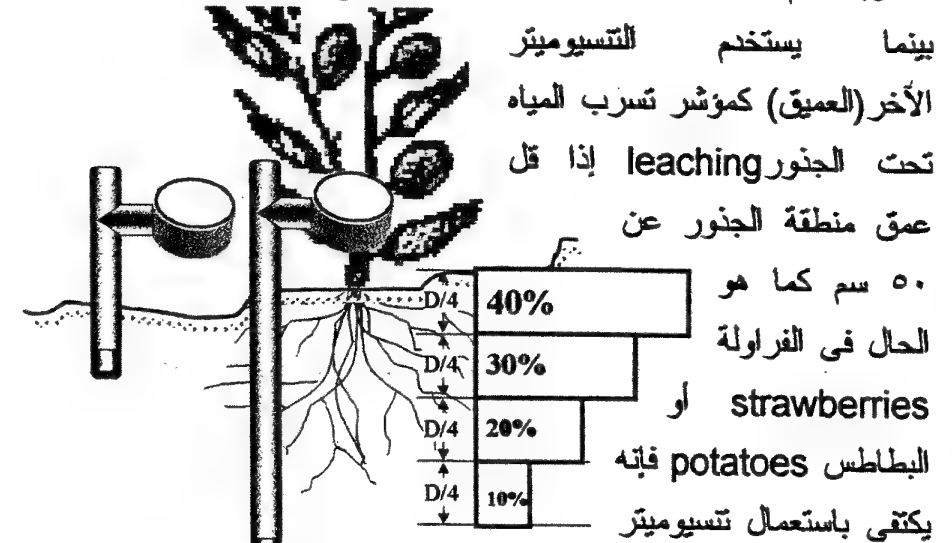
جدولة الري باستخدام التنسيوميتر

يستخدم التنسيوميتر في جدولة الري على نطاق واسع للمحاصيل والأشجار وكذلك للنباتات داخل الصوب فعندما تصل قراءة الشد الرطوبى في التنسيوميتر الذى يوضع عند عمق مناسب عند قيمة معينة تبدأ عملية الري.

تحتوى التربة الرملية الخشنة على نسبة كبيرة من المياه المتاحة للنبات عند شد رطوبى أقل من ٨٠ كيلو باسكال (٨٠ سنتي بار) بينما العكس في التربة الثقيلة القوام ولهذا فإن استخدام التنسيوميتر في جدولة الري للتربة الرملية يحقق نجاحاً كبيراً وذلك على عكس التربة الطينية الثقيلة وعند اختيار موقع التنسيوميتر في الحقل يجب أن يكون ممثلاً لنوع التربة وتوزيع المياه في الحقل. وقد توضع في الحقل أكثر من مجموعة تنسيوميترات وذلك لظروف الحقل المتباينة من حيث نوع التربة وانتظام توزيع مياه الري ويجب اختيار موقع التنسيوميترات بحيث يكون بعيداً عن سير المعدات الزراعية والعمال وفي حالة المحاصيل التى تزرع في خطوط فإن التنسيوميترات عادة توضع داخل الخط (in the row) ويجب عدم كبس التربة بدرجة كبيرة حول التنسيوميتر سواء بالقدم أو بالمعدات الزراعية حيث تتسبب في تقليل تسرب المياه داخل التربة. ويعتمد عدد التنسيوميترات التى توضع في نفس الموقع على نوع المحصول ومرحلة نموه فغالباً ما يوضع عدد ٢ تنسيوميتر في نفس

الموقع يوضع إصبع السيراميك لأحدهما على عمق يساوى ربع عمق الجذور الفعال ويوضع الآخر عند أسفل منطقة الجذور.

ويستخدم التنسيوميتر الأول فى جدولة الري irrigation scheduling



واحد ويوضع على عمق يساوى ثلثى عمق الجذور أى تقريباً عند عمق ٣٠ سم ومن هنا يتبين معرفة عمق الجذور وانتشارها. والجدول (٨-٤) يعطى بعض القيم لأعماق التنسيوميترات والشد الرطوبى لجدولة الري لبعض المحاصيل. أعماق التنسيوميترات هى لتربة عميقة ذات حالة صرف جيدة وهى أقصى أعماق يصل لها المحصول وهذه الأعماق هى حسب توصية شركة Irrrometer لصناعة التنسيوميترات. الرقم الأول للتربة الخفيفة عند نسبة استنفاد ٥٠% والرقم الثانى للتربة الثقيلة للقوام عند نسبة استنفاد ٥٠% وعموماً يتراوح الشد الرطوبى للتربة الرملية بين ٠,٢ - ٠,٥ بار.

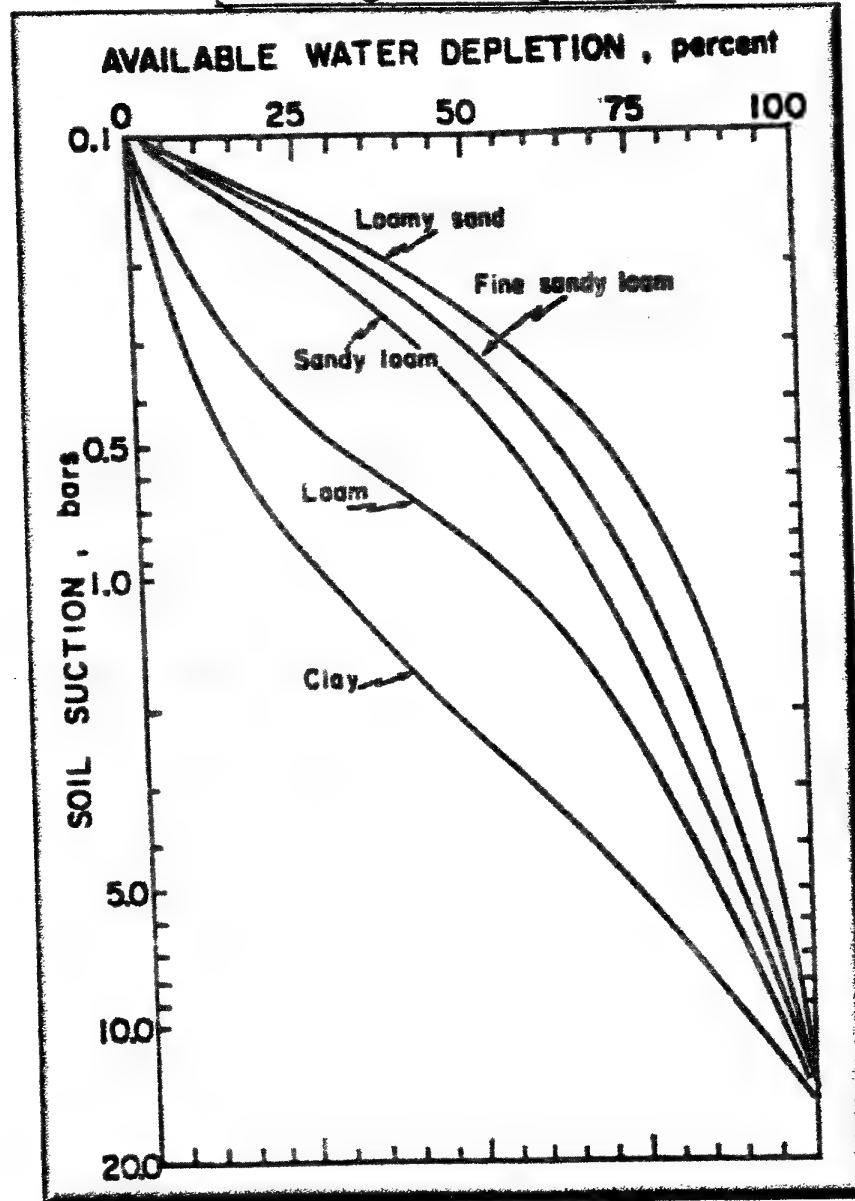
وتعتمد كمية مياه الري المضافة فى الري الواحدة على عمق الماء المتاح فى التربة والتغير فى عمق الجذور مع الزمن. لا يقتصر استخدام التنسيوميتر فى جدولة الري فقط بل يستخدم أيضاً كمؤشر لكمية الري المطلوب إضافتها كما يتضح من الشكل (٨-٣) حيث يوضح قراءات تنسيوميتر موضوع على

عمق ٣٠ سم وآخر على عمق ٦٠ سم حيث يستخدم التنسيوميتر السطحى الموضوع على عمق ٣٠ سم فى جدولة الري أما التنسيوميتر العميق فيستخدم للتحكم فى التسرب العميق تحت منطقة الجذور. فتتم عملية الري عندما تصل قراءة التنسيوميتر السطحى ٥٠ سنتى بار (٠,٥ بار) وكما يتضح من الشكل فإن كمية مياه الري المضافة لا تصل إلى العمق ٦٠ سم حيث أن قراءة التنسيوميتر العميق لا تتأثر بالري ولهذا تم مضاعفة كمية المياه عند الري فى ٥ أغسطس، ٢٦ أغسطس، ١٦ سبتمبر وفى أثناء الفترة بين الريات نلاحظ أن قراءة التنسيوميتر العميق تزداد تدريجياً مما يدل على أنه لا يوجد فقد فى المياه نتيجة التسرب العميق.

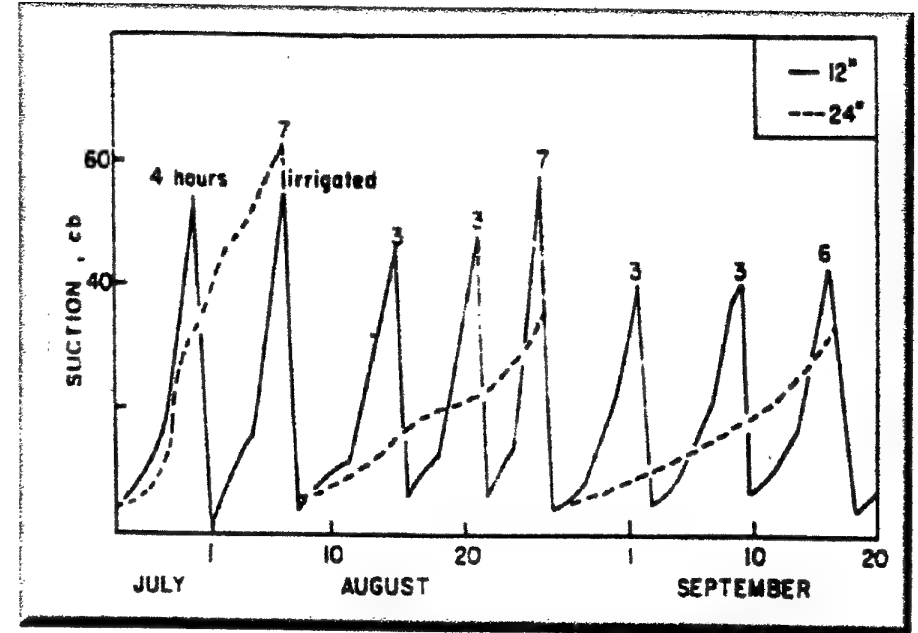
جدول (٤-٨). الاعماق التي توضع عليها التنسيومتيرات والشد الرطوبي اللازم لجدولة الري لبعض المحاصيل.

المحصول	الشد الرطوبي (بار)	عمق التنسيومتر السطحي (سم)	عمق التنسيومتر العميق (سم)
الفولكلو	٠,٥	٣٠	٦٠
البرنقال	١-٠,٢	٤٥	٩٠
البسلة	٠,٥-٠,٣	٤٥	٩٠
البصل	٠,٥٥-٠,٤٥	٣٠	
البطاطس	٠,٥-٠,٣	٢٥-٢٠	٦٠
الجزر	٠,٥٥	٣٠	٦٠
الخنس	٠,٤	٣٠	٩٠
الفرة	٠,٥	٤٥	٩٠
الطماطم	٠,٨	٤٥	٩٠
العنب	٠,٥-٠,٤	٦٠	١٢٠
الفلحة متساقطة الأوراق	٠,٨-٠,٥	٤٥	٩٠
الفراولة (الشليك)	٠,٣-٠,٢	١٥	٣٠
الفول	٠,٧٥	٢٥	٩٠
القرنبيط	٠,٧-٠,٦	٣٠	
التفصيل	٠,٣-٠,٢٥	٤٥	٩٠
الكنتالوب	٠,٤-٠,٣٥	٤٥	٩٠
الكرنب	٠,٦	٣٠	٥٠
الليمون	٠,٤	٤٥	٩٠
الموز	٠,٣	٣٠	٦٠

شكل (٢-٨) منحنيات الشد الرطوبي حسب نوع التربة بدلالة النسبة المئوية للطوبية المستفزة من الماء المتاح



شكل (٨-٣) تسجيل قراءة تنسيومتريين موضوعين على أعماق ١٢" ، ٢٤" مع الزمن (٣٠، ٦٠ سم)



الوقت الحرج للري

تحتاج الخضروات التي نزرع لأجل أوراقها إلى ري منتظم مع توافر الرطوبة الأرضية وبالقدر المناسب طوال فترة حياتها. أما الخضروات التي نزرع لأجل ثمارها أو بنورها، فإنها تحتاج إلى توفر مياه الري بصفة خاصة خلال مرحلة عقد الثمار ونموها، نظراً لضعف كفاءة المجموع الجذري لهذه النباتات خلال تلك الفترة.

وبينما نجد أن نباتاً كالقلقاس يحتاج إلى كميات كبيرة من الماء فإن بعض محاصيل العائلة القرعية يمكن إنتاجها بعليا هذا ويختلف الوقت الحرج للري من محصول لآخر كالتالي

١ - تعد الخضر البذرية والشرية أحوج ما تكون للري أثناء الإزهار وعقد الثمار.

٢ - تزداد حاجة البطاطس للري أثناء مرحلة تكوين الدرنات.

٣ - تزداد حاجة الفراولة للري بعد الحصاد لتشجيع تكوين الخلفات ولارتفاع درجة الحرارة أثناء تلك الفترة.

ويجب الاهتمام أيضاً بالري في أشجار الفاكهة أثناء الإزهار وعقد الثمار ونموها وفي محاصيل الحبوب تكون الفترة الحرجة هي طرد السنابل وتكوين الحبوب ففي الذرة تكون عند طرد السنابل إلى طرد الحريرة ويوجه علم يمكن القول بأن فترة الري الحرجة لأي محصول والتي يحتاج فيها إلى توافر الرطوبة بالقدر الكافي هي فترة التزهير والعقد. والعلامات التي قد يسترشد بها المزارع لتحديد مظاهر العطش على النبات هي التقاف أوراق النباتات (الأوراق الشريطية) وذلك لتقليل سطح النبات المعرض للشمس وكذلك اللون الأخضر القاتم في نباتات البرسيم بينما اللون الأخضر الفاتح يدل على محتوى.

رطوبى جيد وكذلك اتحناء الشماريخ الزهرية لنبات عباد الشمس وتهل
الزهرة ناحية الأرض.

مثال على جدولة الري بالتقسيط

فاكهة متساقطة الأوراق- تروى الشجرة بواسطة ٤ منقطات - تصرف المنقط ٤ لتر/ساعة - مسافات الأشجار ٤ x ٣ متر. وبفرض كفاءة ري ٩٠%.

أقصر الزمن	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
ETC مم/شهر	٧١	١٠٧	١١٤	١٢٤	١٤٣	١٦٢	١٥٧	١٠٨
ETC مم/يوم	٢,٤	٣,٦	٣,٨	٤,١	٤,٨	٥,٤	٥,٢	٣,٦
ETC لتر/يوم لكل شجرة	٢٨,٨	٤٣,٢	٤٥,٦	٤٩,٢	٥٧,٦	٦٤,٨	٦٢,٤	٤٣,٢
D متر	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٧٥
P	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥
AW مم/متر	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠
Dn مم	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥	٢٢,٥
F يوم	٩	٦	٥	٥	٤	٤	٤	٦
Ti ساعة	١٨	١٨	١٦	١٧	١٦	١٨	١٧,٣	١٨
Zمن الـرى اليومي ساعة	٢	٣	٣,٢	٣,٤	٤	٤,٥	٤,٣	٣

تنظيم جدولة الري

الحقل:

الشهر:

المحصول:

التربية:

عمق الجنور:

عمق للماء للمتاح:

نسبة الاستفاد:

عمق ماء للرى الصافى لرية:

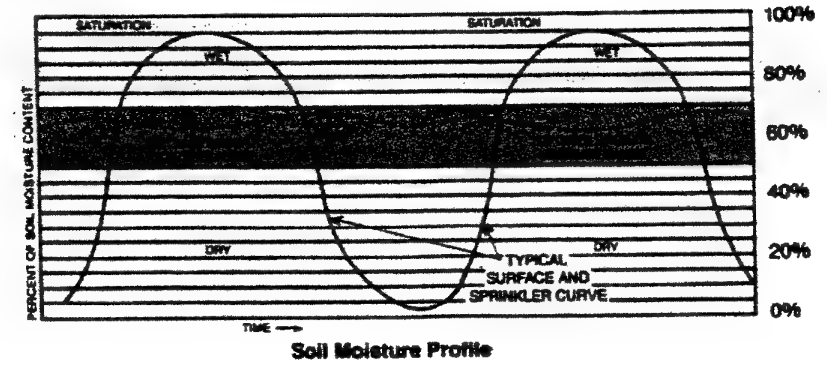
[illegible]

مثال:

المحصول برسيم حجازي شهر الجدولة يوليو نوع التربة سلتية لوميه
عمق الماء للمتاح في منطقة الجذور ١١٤ مم عمق ماء الري للصافي ٥٧ مم
سوف نفترض هنا هطول أمطار وذلك على سبيل المثال لبيان طريقة التعامل
معه وان الاستهلاك المائي تم حسابه

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائي اليومي مم	عمق المطر مم	عمق ماء الري المضاف مم	عمق الماء المتاح في منطقة الجذور مم
١٧ من ٢٣ شهر السابق					
١	٢٤,٠	٦,٥			٣١,٥
٢	٢٢,٠	٦,٠			٢٥,٥
٣	٢٣,٠	٦,٣			١٩,٢
٤	٢٥,٠	٦,٨			١٢,٤
٥	٢٣,٠	٦,٣	٦,٥		١٢,٦
٦	٢٤,٠	٦,٥		٥٧	٦,١
٧	٢٤,٠	٦,٥			٥٦,٦
٨	٢٦,٠	٧,٠			٤٩,٦
٩	٢٥,٠	٦,٨			٤٢,٨
١٠	٢٦,٠	٧,٠			٣٥,٨

Drip Irrigation vs. Flood or Sprinkler Irrigation



مقارنة للرطوبة في منطقة الجذور خلال الفترة بين الريات وذلك لنظم الري المسطحي والرش والتنقيط حيث نلاحظ أنه في الري بالتنقيط للرطوبة تعتبر ثابتة عند الحد الأمثل بخلاف الري المسطحي والري بالرش الذي تطول فيه الفترة بين الريات مما يسبب تنقيب للرطوبة في منطقة الجذور.

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائي اليومي مم	صق المطر مم	صق ماء الري المضاف مم	صق الماء المتاح في منطقة الجذور مم
١١	٢٤,٠	٦,٥			٢٩,٣
١٢	٢٤,٠	٦,٥			٢٢,٨
١٣	٢٥,٠	٦,٨			١٦,٠
١٤	٢٨,٠	٧,٢			٨,٨
١٥	٢٣,٠	٦,٣		٥٧	٢,٥
١٦	٢٤,٠	٦,٥	٤١,٠		٥٣,٠
١٧	٢٠,٠	٤,٨	٣,٠		٥٧
١٨	١٩,٠	٤,٠			٥٦,٠
١٩	٢٣,٠	٦,٠			٥٠,٠
٢٠	٢٤,٠	٦,٥			٤٣,٥
٢١	٢٥,٠	٦,٨			٣٦,٧
٢٢	٢٤,٠	٦,٥	٣,٠		٣٠,٢
٢٣	٢٣,٠	٦,٣	٠,٥		٢٦,٩
٢٤	٢١,٠	٥,٣			٢٢,١
٢٥	٢٣,٠	٦,٣			١٥,٨
٢٦	٢٢,٠	٦,٠			٩,٨
٢٧	٢٣,٠	٦,٣		٥٧	٣,٥
٢٨	٢٣,٠	٦,٣			٥٤,٢

اليوم	درجة الحرارة المتوسطة	الاستهلاك المائي اليومي مم	صق المطر مم	صق ماء الري المضاف مم	صق الماء المتاح في منطقة الجذور مم
٢٩	٢٤,٠	٦,٥			٤٢,٧
٣٠	٢٤,٠	٦,٥			٤١,٢
٣١	٢٥,٠	٦,٨			٣٤,٤
			٥٤	١٧١	٣٤,٤

٩

قياس تصرف المياه

Water Measurement

قياس المياه water Measurement

من أهم وسائل إدارة المياه هي قياسها. فالمزارع أو المهندس يمكنه قياس المياه بطرق عديدة وللاستفادة من بيانات قياس المياه يجب الإلمام بحسابات قياس المياه.

وحدات قياس المياه Units of Water Measurement

يوجد حالتين لقياس المياه حالة السكون rest وحالة الحركة motion. فالمياه تقاس بوحدات الحجم volume units في حالة السكون وتقاس بوحدات التصريف glow or discharge في حالة الحركة.

الحجم Volume

وحدات الحجم Volume units تصف مقدار الحيز الذي تشغله كمية من المياه. فالمياه في الخزانات والبرك مثال للمياه في حالة السكون.

والوحدات الشائعة للحجم هي اللتر أو المتر المكعب وذلك في النظام المترى أو الدولي وهي تساوى

$$١ \text{ لتر} = ١٠٠٠ \text{ سم}^٣$$

$$١ \text{ م}^٣ = ١٠٠٠ \text{ لتر}$$

وقد يقاس حجم المياه أيضا بالمليون متر مكعب أو المليار متر مكعب وهي تساوى

$$١ \text{ مليون متر مكعب} = ١٠^٦ \text{ م}^٣$$

$$١ \text{ مليار متر مكعب} = ١٠^٩ \text{ م}^٣$$

ومن الجدير بالذكر أنه قد يطلق على المليار بليون والمليار يساوى البليون أما في النظام الإنجليزي أو الأمريكى فإن وحدات الحجم يعبر عنها بالجالون أو الأيكرو بوصة أو الأيكر قدم أو القدم المكعب وهي تساوى أيكر - بوصة Acre-inch وهو حجم الماء الذى يغطى مساحة واحدة أيكر بسمك واحد بوصة حيث أن الأيكر يقابل تقريبا الفدان (أيكر = ٤,٤٧ متر مربع) أما الفدان = ٤٢٠٠ متر مربع

أيكر - قدم Acre foot هو حجم المياه الذى يغطى مساحة واحد أيكر لعمق واحد قدم

القدم المكعب cubic foot وهو كمية المياه التى تشغل وعاء عرضه ١ قدم وطوله ١ قدم وارتفاعه ١ قدم أى مكعب طوله ضلعه ١ قدم

التصرف Flow

ومثال المياه فى حالة الحركة هو التصرف من المضخات (الطلمبات) أو الأنهار والترع والتصرف من الرشاشات والبوابات وأنباب السيفونات وخطوط الأنابيب (المواسير). ووحدات التصرف الشائع استخدامها فى الرى

هى اللتر/ثانية. أو المتر مكعب/ثانية أو المتر المكعب/ساعة. أو المليون متر مكعب فى اليوم. فهذه الوحدات تمثل الحجم المار فى وحدة الزمن وهي تساوى

$$١ \text{ لتر/ثانية} = ٣,٦ \text{ م}^٣/\text{ساعة}$$

$$١ \text{ م}^٣/\text{ث} = ٠,٠٨٦٤ \text{ مليون متر مكعب/يوم} \quad (\text{اليوم} = ٨٦٤٠ \text{ ثانية})$$

$$\text{مليون متر مكعب فى اليوم} = ١١,٥٧٤ \text{ م}^٣/\text{ث}$$

أما التصرف فى النظام الإنجليزي والأمريكى فيعبر عنه بالوحدات الآتية جالون فى الدقيقة Gallons per minute (gpm) وهو التصرف اللازم لملئ وعاء سعته ١ جالون فى زمن ١ دقيقة

قدم مكعب فى الثانية Cubic foot per second (cfs) وهو كمية المياه التى تسرى فى مجرى عرضة ١ قدم وعمقه ١ قدم بسرعة قدرها ١ قدم فى الثانية ومن الوحدات المكافئة ما يلى

$$١ \text{ قدم مكعب} = ٧,٤٨ \text{ جالون}$$

$$١ \text{ جالون} = ٣,٧٨٥ \text{ لتر}$$

$$\text{قدم مكعب/ثانية} = ٤٤٩ \text{ جالون/دقيقة}$$

$$\text{لتر/ث} = ١٥,٨٥ \text{ جالون/دقيقة}$$

$$\text{م}^٣/\text{ساعة} = ٤,٤ \text{ جالون/دقيقة}$$

$$\text{الهكتار} = ١٠,٠٠٠ \text{ م}^٢$$

$$\text{الأيكر} = ٤٠٤٧ \text{ م}^٢$$

$$\text{الفدان} = ٤٢٠٠ \text{ م}^٢$$

$$\text{الدونم} = ١٠٠٠ \text{ م}^٢$$

$$\text{الميل} = ٥٢٨٠ \text{ قدم}$$

$$\text{الميل} = ١,٦١ \text{ كيلو متر}$$

$$\begin{aligned} \text{كيلو متر} &= 1000 \text{ متر} \\ \text{البوصة} &= 2,54 \text{ سم} \\ \text{المتر} &= 3,280 \text{ قدم} \end{aligned}$$

مثال

حقل طوله ١٢٠ متر وعرضه ٢٠ متر وكان فرق قراءة عداد المياه ٢٤٠ متر مكعب . أوجد سمك (عمق) المياه المضافة للحقل.

الحل

قراءة عداد المياه بالحجم وحيث أن

الحجم = المساحة × عمق المياه

$$240 \text{ م}^3 = (120 \text{ م} \times 20 \text{ م}) \times \text{عمق المياه}$$

$$\text{عمق المياه} = \frac{240}{20 \times 120} = 0,1 \text{ متر أى } 10 \text{ سم ماء}$$

مثال

إذا كان الاحتياج المائي للفدان في اليوم هو ٣٤ متر مكعب في اليوم فكم عمق ماء الري المطلوب للفدان بالمم

الحل

حجم الماء في اليوم = المساحة × عمق الماء في اليوم

$$34 \text{ م}^3 = 4200 \text{ م}^2 \times \text{عمق الماء في اليوم}$$

$$\begin{aligned} \text{عمق الماء في اليوم} &= \frac{34 \text{ م}^3}{4200 \text{ م}^2} = 0,008 \text{ متر/يوم} \\ &= 8 \text{ مم/يوم} \end{aligned}$$

مثال

طلبة تصرفها ٢٥ لتر/ث كم ساعة يستغرق رى الفدان إذا كان المطلوب للفدان هو ٣٥٠ متر مكعب مياه

الحل

$$\text{تصرف الطلبة} = \frac{\text{الحجم}}{\text{الزمن}}$$

ولتجانس الوحدات يجب تحويل تصرف الطلبة من لتر/ث إلى م^٣/س كما يلي
تصرف الطلبة م^٣/س = ٢٥ لتر/ث × ٣,٦ = ٩٠ م^٣/س

$$\square \quad 90 \text{ م}^3/\text{س} = \frac{350 \text{ م}^3}{\text{الزمن}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{350}{90} = 3,9 \text{ ساعة} \approx 4 \text{ ساعات}$$

مثال

رشاش تصرفه ١,٥ م^٣/س يروى مساحة قدرها ١٢ × ١٢ متر فما هو معدل الرش (أى عمق المياه في الساعة)

الحل

$$\text{حجم المياه في الساعة} = \text{المساحة} \times \text{عمق الماء في الساعة}$$

$$\text{عمق الماء في الساعة} = \frac{\text{حجم المياه في الساعة}}{\text{المساحة}} = ٠,٠١ \text{ م/س}$$

$$١٠ \text{ م/س} = \frac{١,٥ \text{ م}^٢/\text{س}}{١٢ \times ١٢}$$

مثال

رصيد مصر من مياه النيل سنويا هو ٥٥,٥ مليار متر مكعب . احسب ما يخص الفدان منها إذا كانت المساحة المنزرعة ٨ مليون فدان

الحل

$$\text{حجم المياه} = \text{المساحة بالفدان} \times \text{كمية المياه للفدان}$$

$$٥٥,٥ \times ١٠ = ٨ \times ١٠ \times \text{كمية المياه للفدان}$$

$$\text{كمية المياه للفدان} = \frac{٥٥,٥ \times ١٠}{٨ \times ١٠} = ٦٩٣٧,٥ \text{ م}^٢$$

أى يمكن القول بصفة عامة بأن الفدان يستهلك ٧٠٠٠ م^٢ مياه سنويا.

مثال

محطة رفع في منطقة يستخدم بها رى متطور بها ١٠ وحدات رفع منهم ٢ احتياطي تصرف الوحدة الواحدة ١ مليون متر مكعب فى اليوم . أوجد المساحة القصوى التى يمكن أن تخدمها هذه المحطة علما بأن احتياجات الرى للفدان هى ٣٤ متر مكعب للفدان فى اليوم.

الحل

$$\text{المساحة التى تخدمها محطة الرفع} = \frac{\text{حجم المياه التى ترفعها فى اليوم}}{\text{حجم المياه المطلوب للفدان فى اليوم}}$$

$$\text{المساحة التى تخدمها محطة الرفع} = \frac{٨ \text{ وحدات} \times ١ \times ١٠}{٣٤ \text{ م}^٢}$$

$$= ٢٣٥٢٩٤ \text{ فدان}$$

فى المثال السابق نفترض أن الوحدة الواحدة تعمل لمدة ٢٤ ساعة فى اليوم لتعطى كمية مياه قدرها ١ مليون متر مكعب فى اليوم / إذا كانت تعمل ١٨ ساعة فى اليوم مثلا فإنها لا تعطى ١ مليون متر مكعب فى اليوم بل تعطى ٧٥% من هذا التصرف أى ٠,٧٥ مليون متر مكعب وهكذا لباقي الوحدات ولهذا فإنه فى محطة مثل هذه يتم تسجيل عدد ساعات التشغيل للوحدات ولهذا فإنه فى محطة مثل هذه يتم تسجيل عدد ساعات تشغيل المحطة هو ٨ × ٢٤ = ١٩٢ ساعة . أما إذا تعطلت بعض الوحدات فى أثناء اليوم فإن عدد الساعات تقل بمقدار زمن العطل فقد تبلغ المحطة عدد ساعات التشغيل ٩٦ ساعة مثلا فهذا معناه أن التصرف يكافئ $\frac{٩٦}{٢٤} = ٤$ وحدات تعمل ٢٤ ساعة.

مثال:

محطة رفع تصرف الوحدة الواحدة بها ١ مليون متر مكعب فى اليوم . أبلغ مهندس محطة الرفع بأن التشغيل فى يوم ما كان ٧٢ ساعة . فاحسب كمية المياه التى قامت المحطة برفعها

الحل

كمية المياه التي قامت المحطة برفعها = تصرف الوحدة في اليوم ×

ساعات التشغيل
٢٤

$$= 1 \times 110 \times 24 = \frac{72}{24} \times 110 \times 24$$

قياس تصرف المياه

تختلف طريقة قياس المياه سواء في القنوات المكشوفة أو الأنابيب حسب الدقة المطلوبة والتكلفة والسهولة وتوافر الأجهزة ونوع المياه (مدى وجود شوائب) والضغط المتاح استنفاده.

تعتمد طريقة قياس التصرف في الأنابيب على إحداث فاقد في الضغط يحول إلى طاقة سرعة وذلك عن طريق اعتراض السريان إما بإحداث اختناق في الأنبوبة venturi أو وضع فتحة ضيقة Orifice وبحسب التصرف من قراءة الفاقد في الضغط h والذي يتساوى مع طاقة السرعة كما يلي

$$v = \sqrt{2gh} \quad h = \frac{v^2}{2g}$$

حيث أن التصرف Q يساوى السرعة (v) × مساحة مقطع الأنبوبة (A)

$$Q = A \cdot v \\ = A \sqrt{2gh}$$

ويضاف على هذه المعادلة معامل التصرف C حيث أنه عند مرور المياه خلال الفتحة يقل مسافة مقطع السريان عن المقطع النظري المحسوب فتصبح كما يلي

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

أما طريقة قياس التصرف في القنوات المكشوفة فتتم بإحداث ضيق في المجرى constriction للحصول على السرعة الحرجة critical velocity ويختلف السريان في القنوات المكشوفة عن السريان في الأنابيب في أن الضاغط في الأنابيب (١) يقابله عمق المياه أو عمق السريان في القنوات المكشوفة ومساحة مقطع السريان في الأنابيب A هي ثابتة بصرف النظر عن قيمة الضغط وهي مساحة الدائرة الثابتة القطر أما في القنوات المكشوفة فإن مساحة السريان دالة في عمق المياه (h) فزيادة عمق المياه تزيد مساحة السريان أي أنها متغيرة وليست ثابتة وعلى ذلك فإن معادلة التصرف السابقة في حالة الأنابيب يمكن استخدامها في حالة القنوات المكشوفة ولكن بالتعويض عن مساحة السريان A بدلالة عمق المياه h فعند فرض أن مساحة السريات مستطيلة وأن عرض المستطيل L فإن معادلة السريان تصبح كما يلي

$$Q = CLh \sqrt{2gh}$$

$$Q = CL \sqrt{2g} h^{3/2}$$

وهذه هي معادلة التصرف فوق الهدارات weirs التي تستخدم لقياس التصرف في القنوات المكشوفة. ونلاحظ الفرق هنا بين معادلة التصرف في الفتحات للأنابيب والهدارات في القنوات المكشوفة حيث أن أس الضاغط يساوى $1/2$ أما في الهدارات فهو يساوى $2/3$ نتيجة مساحة مقطع السريان المتغيرة بدلالة عمق السريان h الذي يقابل الضاغط في الأنابيب.

إذا لم يتوافر لدى المزارع أجهزة قياس المياه في الأنابيب مثل عدادات المياه Propeller Flow Meters وفي القنوات المكشوفة مثل الهدارات Weirs أو العبارات Flumes فإنه يوجد بعض الطرق التي يمكن عن طريقها تقدير التصريف والتي تستخدم بعض الأدوات البسيطة المتوافرة مثل الساعة Stop Watch والمسطرة Ruler والإتاء (جركن أو جردل) Buckets.

أولاً: قياس التصريف خلال الأنابيب Discharge From Pipe

سوف نستعرض هنا الطرق الحقلية البسيطة ومنها طريقة الأحداثيات والطريقة الحجمية والطرق الدقيقة ذات التكلفة والتي تحتاج الي تجهيزات لاتمام عملية القياس مثل مقاييس الفتحات بأنواعها المختلفة وأنبوبة بيتوت.

١- طريقة الأحداثيات Coordinate or Trajectory method

إذا كانت الماسورة تصب المياه مباشرة في الهواء كما هو الحال في لطلميات البحارى التي ترفع المياه للمساقي والمرأوى والمنشرة على الترع وكذلك من طلمبات الآبار فان قياس تصرف المياه لا يتطلب أكثر من مسطرة.

فإذا كانت الماسورة ممتلئة تماماً بالمياه Flowing Full فإنه يتم وضع المسطرة بمحاذاة الماسورة كما في الشكل (١) ويتم قياس المسافة الأفقية بطول الماسورة X وما يقابلها من المسافة الرأسية Y ولذلك تسمى هذه الطريقة بطريقة الإحداثيات Coordinate Method وقد يطلق عليها أيضاً طريقة بورديو Purdue Trajectory Method .

ونفترض هذه الطريقة أن مركبة السرعة الأفقية لنفث المياه الخارجة من حافة الماسورة ثابتة والقوة المؤثرة على قطرة المياه تنفخ من الماسورة هي الجاذبية فقط. فعند زمن قدره t فان قطرة المياه عند السطح العلوى لتيار المياه سوف تقطع مسافة أفقية قدرها X مقاسه من مخرج الماسورة ويساوى

$$x = v_0 t$$

حيث أن v_0 هي السرعة عند مسافة X تساوى صفراً وعند نفس الزمن t فان قطرة المياه تكون قد قطعت مسافة رأسية قدرها Y وتساوى

$$y = 1/2 gt^2$$

ويمكن استنتاج العلاقة السابقة من القانون الثانى لنوتن وهو مساواة الوزن بالكتلة مضروبة في العجلة وذلك في الاتجاه الرأس كما يلي:

$$mg = m\ddot{y}$$

$$\ddot{y} = g$$

ويتكامل العجلة تحصل على مركبة السرعة الرأسية

$$\dot{y} = gt$$

ويتكامل مركبة السرعة الرأسية تحصل على المسافة الرأسية

$$Y = 1/2 gt^2$$

وبحذف t من معادلتى X , Y نحصل على معادلة السرعة

$$V_0 = x \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

حيث أن التصريف يساوى السرعة مضروبة في مساحة مقطع

الماسورة

$$Q = a.v_o$$

$$Q = \frac{a \times \sqrt{g}}{\sqrt{2Y}}$$

وغالبا يؤخذ معامل التصرف C يساوى واحد صحيح وعلى ذلك

تكون وحدات المعادلة السابقة هي:

Q: التصرف م^٣/ث

X: المسافة الأفقية بالمتر

Y: المسافة الرأسية بالمتر

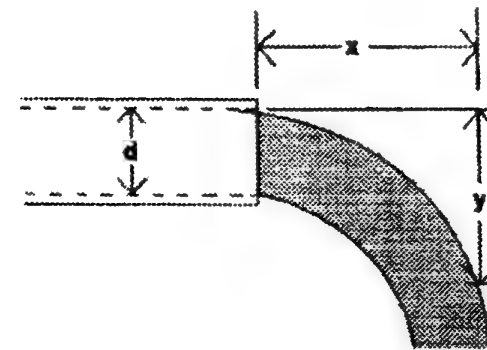
A: مساحة مقطع الماسورة متر مربع وتساوى

$$a = \frac{\pi}{4} d^2$$

حيث d: القطر الداخلى للماسورة بالمتر

بعض الاعتبارات التي يجب توافرها عند استخدام هذه الطريقة:-

- يجب ألا يقل طول الماسورة عن ٦ أمثال القطر الداخلى
- يجب أن تكون الماسورة أفقية
- عدم وجود أى شطف فى نهاية الماسورة



شكل رقم ١: قياس المسافة الأفقية (X) والمسافة الرأسية (Y) لماسورة ترى بها المياه

وكاملة الأمتلاء Flowing Full

وبالتعويض فى المعادلة السابقة عن عجلة الجاذبية g تساوى ٩,٨١

م/ب^٢ والقطر الداخلى للماسورة d بالمم والمسافة الأفقية x بالمتر والمسافة

الرأسية Y بالمتر ينتج التصرف بوحدات متر مكعب ساعة كما يلى :

$$Q = \frac{0.00626 d^2 x}{\sqrt{Y}}$$

حيث:

Q: م^٣/س

d: مم

X: متر

Y: متر

وعندما تكون الماسورة رأسيا وتصب مياهها لأعلى كما يحدث فى

بعض الآبار فيمكن إيجاد التصرف فى هذه الحالة بغرض معادلة الفتحات ل

et Flow وهى صحيحة إذا ارتقاع المياه رأسيا يزيد عن ١,٤ قطر

الماسورة ويحسب كما يلى:

$$Q = ca \sqrt{2gH}$$

$$= c \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gH}$$

وبالتعويض عن:

Q: التصرف م^٣/س

C: معامل التصرف يؤخذ مساويا ٩,٨١.

D: القطر الداخلى للماسورة بالمم

G: عجلة الجاذبية ٩,٨١ م/ث^٢

H: الارتفاع الرأسى للمياه عن حافة الماسورة بالمتر

$$Q = 0.0006127 \left(1 - \frac{a}{d}\right)^{1.88} d^{2.48}$$

حيث:

Q: التصريف م^٣/س

a: المسافة بالمم مقاسة من نهاية الماسورة بين السطح العلوي

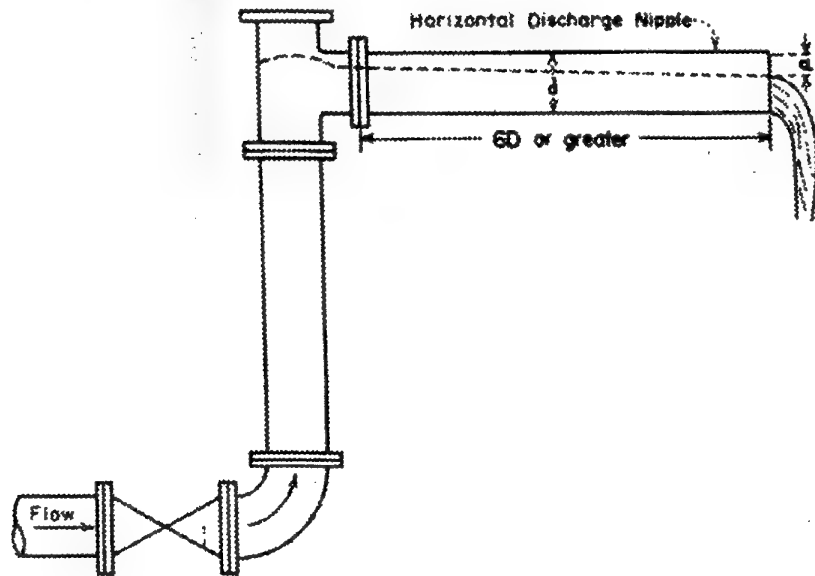
الداخلي للماسورة وسطح المياه.

d: القطر الداخلي للماسورة بالمم.

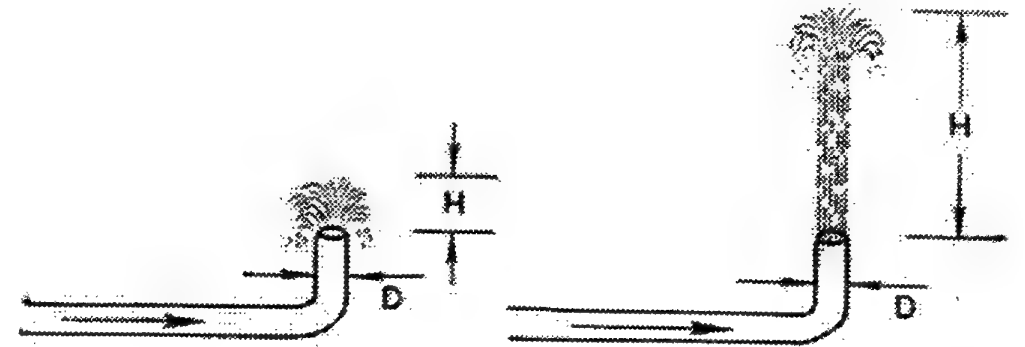
المعادلة السابقة استنتجت من تجارب على مواسير أقطار من ٣ إلى ١٠ بوصة وفي تجارب قامت بها وزارة الزراعة الأمريكية تبين أن المعادلة لا

تعطى نتائج دقيقة عندما نفل النسبة $\frac{a}{d}$ عن ٠,٥ أى عندما يزيد عمق الماء

في الماسورة عن نصف قطر الماسورة.



شكل ٣: قياس التصريف بطريقة كاليفورنيا



$$Q = 0.01125 D^2 H^{0.5}$$

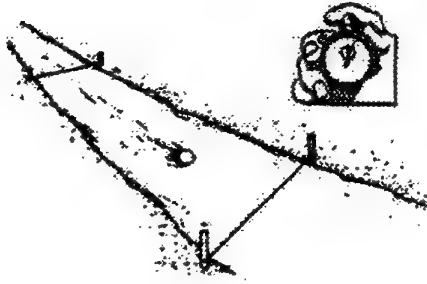
والشكل رقم ٢ يوضح التصريف من الماسورة الرأسية

الماسورة أفقية ولكن غير ممتلئة بالماء (طريقة كاليفورنيا)

عندما تكون الماسورة أفقية وتصريف المياه من نهايتها في الهواء بحرية ولكن غير كاملة الامتلاء بالماء Partially-Filled تستخدم ما تسمى بطريقة كاليفورنيا California Pipe Method في إيجاد التصريف. وهذه الطريقة تستخدم أيضا في قياس تصريف المياه في القنوات المكشوفة الصغيرة بحيث يمر التصريف عبر الماسورة الأفقية الغير كاملة الامتلاء وتصريف مياهها بحرية في الهواء ويوضح شكل ٣ هذه الطريقة حيث أن المطلوب قياسه في هذه الطريقة هو القطر الداخلي للماسورة d والمسافة الرأسية بين الحافة الداخلية لطرف الماسورة وسطح المياه داخلها. وتستخدم المعادلة التجريبية التالية للحصول على التصريف

الطريقة الثانية: متوسط القطاع Average cross-section

يمكن تقدير التصرف في الترعر والمساقي كما هو موضح في شكل ٤ بواسطة قياس الزمن التي تقطعه العوامة. ونتم هذه العملية بقياس مسافة بين قطاعين في المجرى حوالى ١٥ إلى ٣٠ متر. حيث أن التصرف يساوى مساحة مقطع السريان مضروباً في سرعة المياه المتوسطة.



ويتم تقدير مساحة القطاع كالتالى:

$$\text{مساحة مقطع القطاع} = \frac{\text{عرض قطاع المجرى} + \text{عرض سطح المجرى}}{2} \times \text{عمق الماء في المجرى}$$

وتعطى هذه الطريقة دقة قدرها $\pm 20\%$ للمجارى الطبيعية ودقة قدرها $\pm 10\%$ للمجارى المبطنة.

وتحسب السرعة من قطع العوامة (زجاجة مملوءة جزئياً بالمياه) المسافة في الزمن المقاس. وبحسب التصرف كالتالى:

$$\text{التصرف} = \text{مساحة المقطع} \times \text{السرعة} \times \text{معامل السرعة}$$

ومعامل السرعة يؤخذ مساوياً ٠,٨ وذلك لأن سرعة العوامة على السطح لا تمثل سرعة المياه المتوسطة لأن سرعة المياه في جوانب المجرى والقاع تكون أقل منها في حالة سرعة سطح المياه.

ولأهمية تقدير التصرف في حالة عدم امتلاء الماسورة فإن جدول ١ يعطى قيم تقريبية للتصرف بالمتر مكعب/ ساعة عند أقطار مواسير مختلفة من ٤ إلى ١٢ بوصة وذلك عند نسب امتلاء مختلفة $\frac{a}{d}$ حيث تمثل نسبة المسافة من حافة الماسورة الداخلية إلى سطح الماء داخل الماسورة منسوبة إلى قطر الماسورة فعندما تساوى هذه النسبة الواحد الصحيح فإن ذلك يعنى أن الماسورة ممتلئة بنسبة ٩٠% من المساء وهكذا.

جدول ١: التصرف التقريبي (م^٣/س) للمواسير الأفقية الممتلئة جزئياً بالمياه والتي تصب مياهها بحرية في الجو

النسبة $\frac{a}{d}$	القطر الداخلى لماسورة بالبوصة	٤	٦	٨	١٠	١٢
٠,١	٣٢	٧٦	٨٦	٢٠٧	٢٩٨	
٠,٢	٢٩	٦٩	١١٩	١٨٨	٢٦٩	
٠,٣	٢٥	٦٠	١٠٤	١٦٤	٢٣٥	
٠,٤	٢١	٥٠	٨٧	١٣٨	١٩٧	
٠,٥	١٧	٤٠	٦٩	١٠٩	١٥٧	
٠,٦	١٢	٣٠	٥١	٨١	١١٦	
٠,٧	٨	٢٠	٣٥	٥٥	٧٨	
٠,٨	٥	١١	١٩	٣٠	٤٤	
٠,٩	٢	٤	٧	١٢	١٧	
١	٠	٠	٠	٠	٠	٠

$$\text{سرعة العوامة} = \frac{\text{المسافة بين القطاعين بالمتر}}{\text{الزمن الذى تستغرقه العوامة بالثانية}}$$

$$\text{السرعة المتوسطة للمياه} = \text{سرعة العوامة} \times ٠,٨$$

$$\text{التصرف} = \text{مساحة القطاع العرضى} \times \text{السرعة المتوسطة للمياه}$$

مثال:

ترعة عرض القاع لها ٢ متر وعرض سطح المياه لها ٣ متر وعمق المياه ١ متر قطعت العوامة مسافة ٣٠ متر فى زمن ٣٣ ثانية. احسب التصرف.

الحل

$$\text{مساحة المقطع} = ١ \times \frac{٣ + ٢}{٢} = ٢,٥ \text{ م}^٢$$

$$\text{سرعة العوامة} = \frac{٣٠}{٣٣} = ٠,٩١ \text{ م/ث}$$

$$\text{السرعة المتوسطة للمياه} = ٠,٨ \times ٠,٩١ = ٠,٧٢٨ \text{ م/ث}$$

$$\text{التصرف} = ٢,٥ \times ٠,٧٢٨ = ١,٨٢ \text{ م}^٢/\text{ث}$$

الطريقة الثالثة: الطريقة الحجمية

Timed Volume

يمكن فى هذه الطريقة استخدام وعاء معلوم الحجم طبقا لظروف القياس كأن يكون حوض أو جردل أو جرکش أو برميل ثم يسجل زمن ملئ الوعاء. يوضح شكل ٥ طريقة قياس تصرف سيفون باستخدام جردل ويمكن

أيضا فى حالة تقدير تصرف الرشاشات استخدام خرطوم لتوجيه تصرف الرشاش إلى الجردل أو الجرکش ويمكن أيضا فى حالة تقدير تصرف النقاطات emitters استخدام كأس أو زجاجة مياه وذلك حسب قيمة التصرف.

مثال:

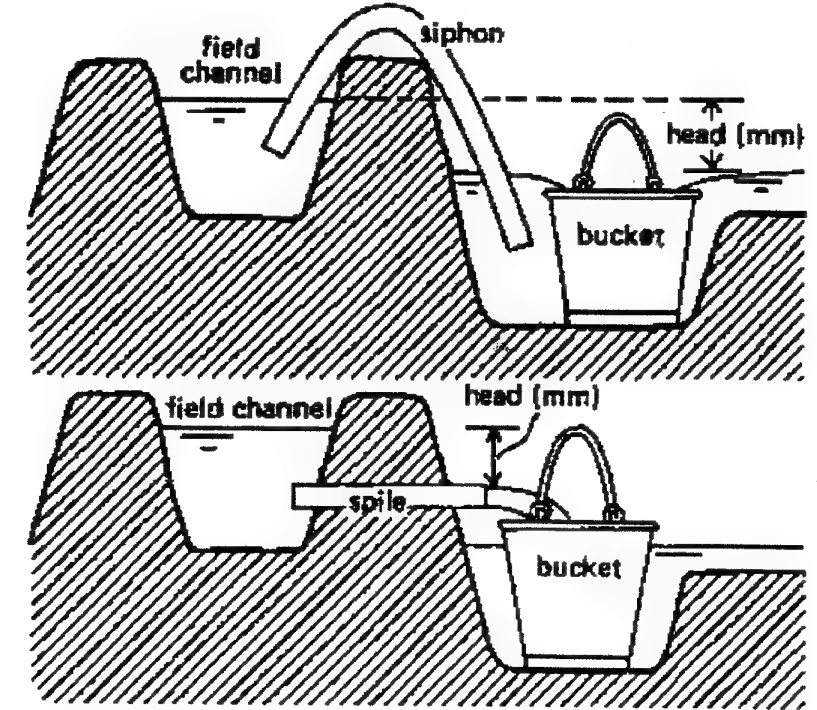
تصرف رشاش استخدم خرطوم لوضع على فونية للرشاش وتوجيه المياه من الرشاش إلى جرکش سعته ٢٠ لتر ووجد أن زمن ملئ الجرکش ٤٧ ثانية. أوجد التصرف.

الحل

$$\text{التصرف} = \frac{\text{الحجم}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{٢٠ \text{ لتر}}{٤٧ \text{ ثانية}} \times \frac{٦٠ \text{ ثانية}}{١ \text{ دقيقة}} \times \frac{٦٠ \text{ دقيقة}}{١ \text{ ساعة}} \times \frac{٢ \text{ م}}{١٠٠٠ \text{ لتر}} = ١,٥٣ \text{ م}^٢/\text{ث}$$

مع ملاحظة أن التصرف الكلى يساوى تصرف السيفون أو الرشاش الواحد فى عدد السيفونات أو الرشاشات الموجودة على الخط.



شكل ٥: الطريقة الحجمية لتقدير تصرف السيفون باستخدام جردل وساعة إيقاف

الطريقة الرابعة: قياس الضغط وقطر الفوهة Pressure and nozzle size

تتلخص هذه الطريقة في قراءة قطر فوهة الرشاش التي تحفر عادة على فوهة الرشاش وفي حالة تعذر معرفتها يمكن قياسها بواسطة القدمة ذات الورنية أو بواسطة استعمال بنط المتقاب فكما نعلم بأن بنط المتقاب يكتب عليها قطرها وباختبار البنطة التي يتساوى قطرها مع قطر الفوهة يمكن معرفة قطر فوهة الرشاش مع العلم بأن ١ بوصة = ٢٥,٤ مم وأرقام البنط تكون أجزاء من البوصة. ويقاس ضغط تشغيل الرشاش بوضع عداد ضغط مزود بأنبوبة طرفية رفيعة توضع على فوهة الرشاش كما هو موضح بالشكل

٦ وبقراءة ضغط التشغيل يمكن معرفة تصرف الرشاش أما بواسطة استخدام الجداول الخاصة بأداء الرشاشات.

$$q = c \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2gh}$$

وبوضع معامل الفتحة يساوى ٠,٩٥ وبالتعويض عن g عجلة الجاذبية تساوى ٩,٨١ م/ث^٢ وتحويل الوحدات نحصل على المعادلة في الصورة:

$$q = 0.0119 d^2 \sqrt{h}$$

حيث q: تصرف فونية

الرشاش م^٣/س

d: قطر فونية الرشاش

بالمتر

h: ضاغط تشغيل

الرشاش بالمتر

فيذا كانت قراءة عداد الضغط

بالضغط الجوى بوحدات كيلو جرام/سم^٢ أو بوحدات بار فيمكن تحويلها إلى وحدات ضاغط أى ارتفاع عمود المياه كالاتى:

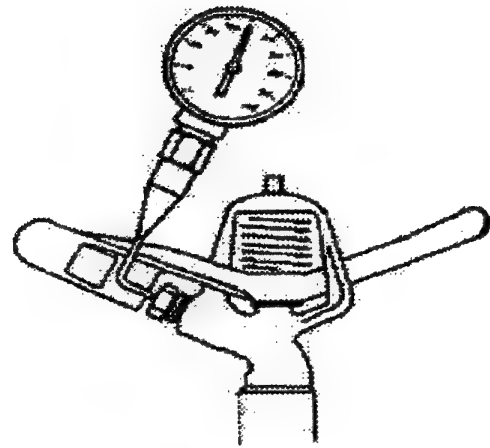
١ ضغط جوى = ١ كجم/سم^٢ = ١ بار = ١٠,٣٣ متر ماء (ضاغط)

أى أن كل ١ ضغط جوى يعادل ارتفاع عمود ماء (ضاغط) ١٠,٣٣ متر أما

إذا كانت قراءة العداد بالوحدات الإنجليزية باوند/البوصة المربعة فإن:

١ ضغط جوى = ١٤,٧ باوند/بوصة^٢ (رطل/بوصة^٢)

مثال:



خط رش به ٣٠ رشاش قطر فونية الرشاش ٤,٨ مم وقراءة عداد الضغط ٢,٧ كجم/سم^٢. أوجد تصرف المضخة التي تغذي خط الرش بالمياه.

الحل

$$\text{الضغوط} = ٢,٧ \times ١٠,٣٣ = ٢٧,٩ \text{ متر ماء}$$

$$q = 0.0119 d^2 \sqrt{h}$$

$$= 0.0119 (4.8)^2 \sqrt{27.9} = 1.45 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

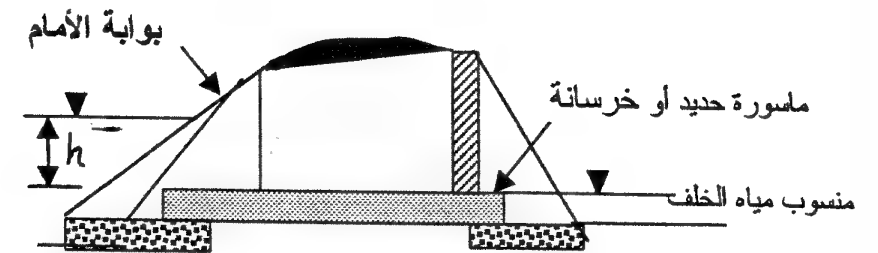
تصرف خط الرش = تصرف الرشاش × عدد الرشاشات

$$= ١,٤٥ \times ٣٠ = ٤٣,٥ \text{ م}^٣/\text{س}$$

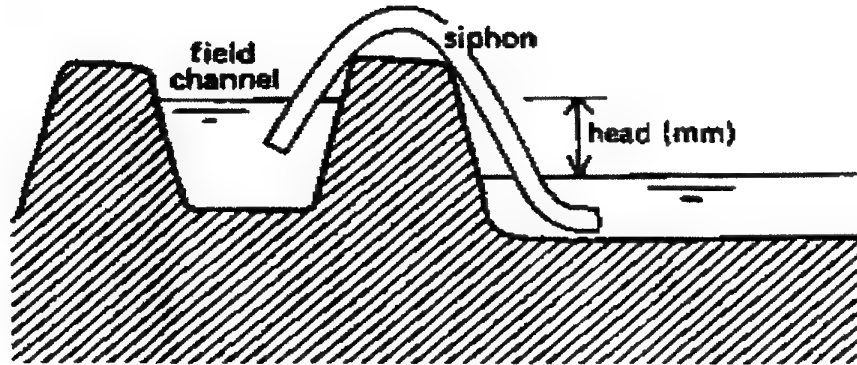
التصرف خلال فتحات الري Irrigation Outlets

ونقصد بفتحات الري التصرف خلال المواسير المغمورة والتي قد تغذي المساقى ويطلق عليها فتحات المواسير (ماسورة ديبوي) كما في الشكل.

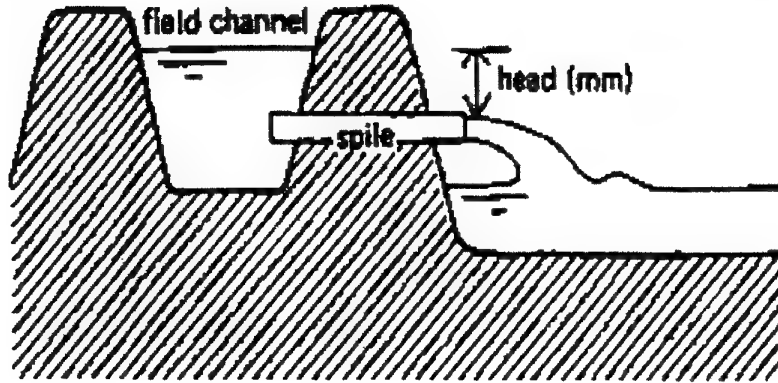
أما المواسير التي تغذي الحقل سواء الأحواض أو الخطوط فيطلق عليها السيفونيات أو المواسير المدفونة Syphons or Spiles كما في الشكل.



شكل . فتحه ماسورة ديبوي لتغذية المساقى



قياس التصرف من أنبوبة السيفون والأنابيب المدفونة



ويمكن تعيين التصرف من هذه الفتحات بمساوات فرق التوازن h بين منسوب المياه في الأمام والخلف وغالباً ما يؤخذ مساوياً ٠,٢٥ سم لفتحات الري وذلك بمجموع الفواقد وهي فاقد الدخول ومعامله ٠,٥٠ وفاقد الخروج ومعامله ١,٠ أما الفاقد في الاحتكاك داخل الماسورة فيعتمد معامل الاحتكاك f علي نوع مادة الماسورة وغالباً تتراوح قيمة معامل الاحتكاك f بين ٠.٠٢-٠.٠٤ ويمكن صياغة المعادلة كما يلي:

$$h = \frac{v^2}{2g} \left(C_{inlet} + f \frac{L}{d} + C_{outlet} \right) = \frac{v^2}{2g} \left(1.5 + f \frac{L}{d} \right)$$

$$Q = v \frac{\pi}{4} d^2$$

حيث h فرق التوازن بين الأمام والخلف (متر)

V سرعة المياه (م/ث)

Q التصريف (م^٣/ث)

f معامل الاحتكاك

C_{inlet} معامل فاقد الدخول = ٠,٥

C_{outlet} معامل فاقد الخروج = ١,٠

L طول الأنبوبة (متر)

d قطر الماسورة

g عجلة الجاذبية ٩,٨١ م/ث^٢

وفي حالة فتحات ديبوي Dupuis تكون طول الماسورة الأفقية ١٠

متر ومنسوب المياه في التربة يعطى الراسم العلوي للماسورة بمقدار ٢٥ سم

ومنسوب المياه خلف الماسورة يكون مع مستوي راسمها العلوي. والمقنن

المائي ٥٠ م^٣/فدان يوم (١٢ م/يوم = ٢ م^٣/ساعة فدان). ومتوسط معامل

الاحتكاك ٠,٠٣. بأخذ كل هذه الافتراضات والتعويض بها في المعادلة

السابقة يمكن الوصول الي المعادلة البسيطة التالية لحساب قطر الفتحة.

قطر الفتحة d بالسم = ٤ سم + ٢ الجذر التربيعي للزماد بالفدان

Area

$$d = 4 + 2\sqrt{Area}$$

ويمكن وضع البيانات المتحصل عليها لفتحات ديبوي في الجدول

التالي

قطر الماسورة سم	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠
الزماد فدان	١٠	٣٠	٦٥	١١٠	١٦٥	٣١٥	٥١٠	٧٦٠
التصرف لتر/ث	٦	٢٠	٤٠	٦٠	١٠٠	١٨٠	٢٩٠	٤٤٠

٥- التصريف في الأنابيب خلال الفتحات Orifice meter

من الطرق الدقيقة لقياس التصريف خلال الأنابيب طريقة الفتحات

الضيقة Orifices حيث يتم وضع قرص به فتحة ضيقة داخل الأنبوبة أو في

نهايتها كما في مقياس الفتحة الضيقة Orifice meter أو أن تكون الفتحة على

شكل بوق وتسمى flow nozzles أو أن يتم عمل اختناق داخل الأنبوبة

ويسمى اختناق فنشوري Venturi tubes وتأخذ معادلة التصريف خلال

الفتحات الصورة العامة التالية:-

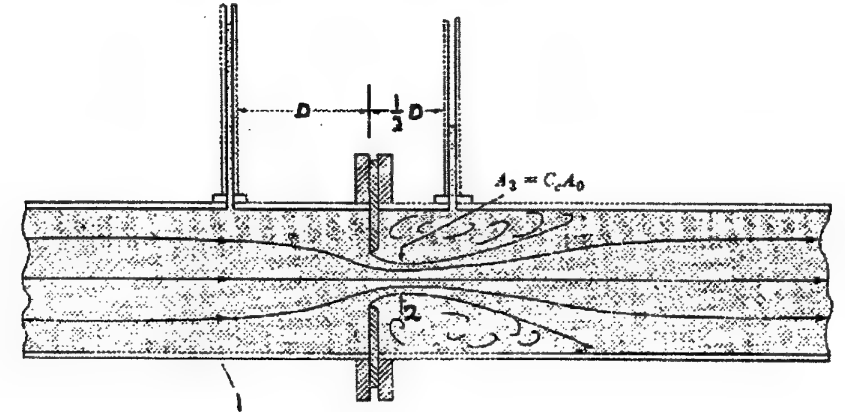
$$Q = ca \sqrt{zg \Delta h}$$

حيث: Q = التصريف (م^٣/ث)

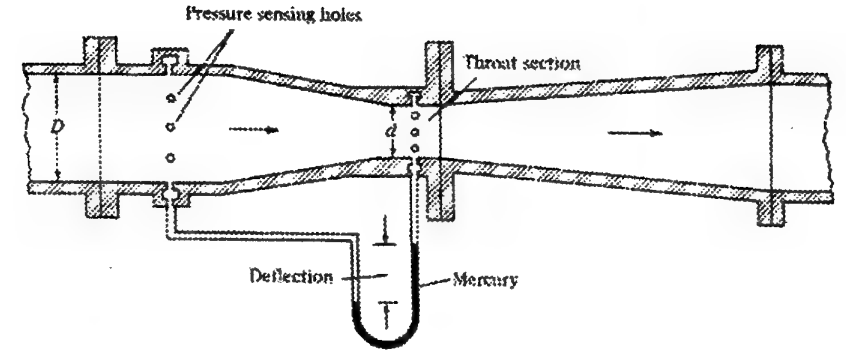
a = مساحة الفتحة (م^٢) g = عجلة الجاذبية (٩,٨١ م/ث^٢)

Δh = فرق الضاغظ بين الفتحة والأنبوبة (متر)

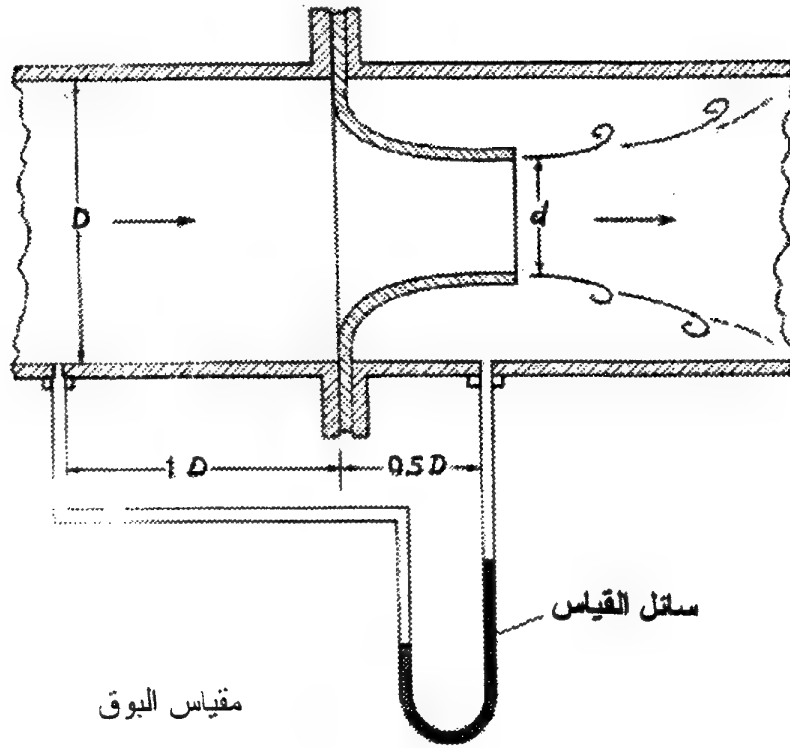
$C =$ معامل الفتحة ويساوى ٠,٦ للفتحات الضيقة أما لفتحة البوق والفنشورى فيتراوح بين ٠,٩٤ إلى ٠,٩٨ وقد يؤخذ مساوياً واحد صحيح.



مقياس الفتحة الضيقة



مقياس فينشورى

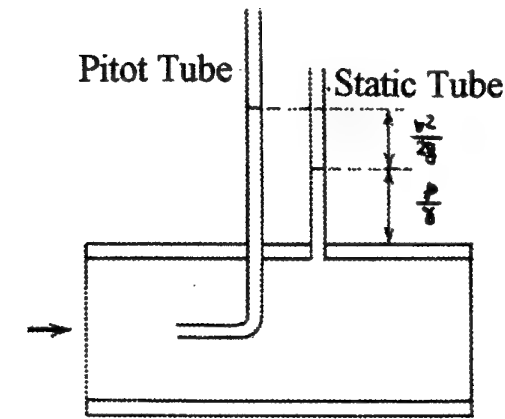


مقياس البوق

مقاييس التصرف خلال فتحات الأنابيب

٦- أنبوبة بيتوت Pitot tube

تتكون أنبوبة بيتوت فى أبسط صورها من أنبوبة منثنية بمقدار ٩٠ درجة فإذا غمر الجزء المنثنى تحت الماء وتم توجيهه فى اتجاه السريان فإن المياه ترتفع به بمقدار يساوى ضاغط السرعة كما فى الشكل



$$\Delta h = \frac{v^2}{2g}$$

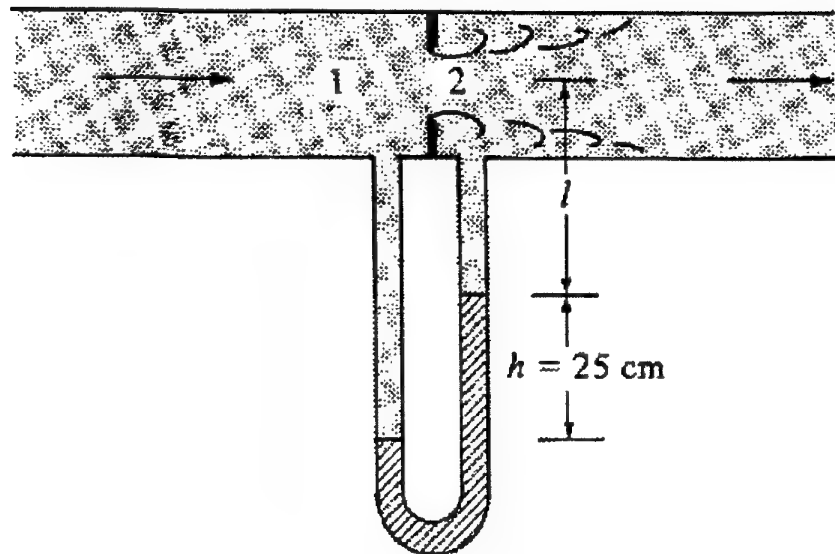
$$V = \sqrt{2g\Delta h}$$

وعلى ذلك فإن Δh هي مقدار الفرق في الضاغط بين نقطتي القياس ١ ، ٢ أو مقدار الارتفاع في مستوى الماء في الأنبوبة وحيث أن السرعة الفعلية تقل عن السرعة النظرية لذلك تعدل المعادلة بإضافة معامل السرعة C_v Coefficient وتتراوح قيمته بين ٠,٩٥ إلى ١ لتصبح المعادلة العامة كما يلي

$$V = C_v \sqrt{2g\Delta h}$$

مثال:

مقياس ذو فتحة ضيقة orifice meter قطرها ١٥ سم موضوع داخل أنبوبة مياه أفقية قطرها ٢٤ سم ومتصل به مانومتر زئبقى Water-mercury anometer قبل وبعد الفتحة. وكانت قراءة المانومتر ٢٥ سم. أحسب



تصرف المياه المارة خلال الأنبوبة إذا علمت أن معامل التصرف للفتحة

٠,٦٦

الحل

وبكتابة معادلة المانومتر من نقطة ١ إلى نقطة ٢

$$P_1 + \gamma_w l + \gamma_w h - \gamma_{Hg} h - \gamma_w l = P_2$$

ويلاحظ هنا أننا بدأنا النقطة ١ بوضع الضغط عندها P_1 ثم نضيف إليها الضغط لعمود المياه $\gamma_w l$ إلى أن نصل إلى السطح الفاصل بين الماء w والزنبرق Hg ثم وعند العودة إلى أعلى نعكس إشارة الضغط فنضع الضاغط $\gamma_{Hg} h$ ثم الضاغط $\gamma_w l$ إلى أن نصل ثانية إلى الضغط P_2 عند النقطة ٢.

ثم نضع المعادلة على الصورة التالية.

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma_w} = \Delta h = \frac{h(\gamma_{Hg} - \gamma_w)}{\gamma_w} = h \left(\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma_w} - 1 \right)$$

وبالتعويض عن قيمة h وعن الكثافة النسبية للزنبرق (كثافة الزنبرق مقسومة على كثافة المياه وهي واحد صحيح).

$$\Delta h = 0.25(13.6 - 1)$$

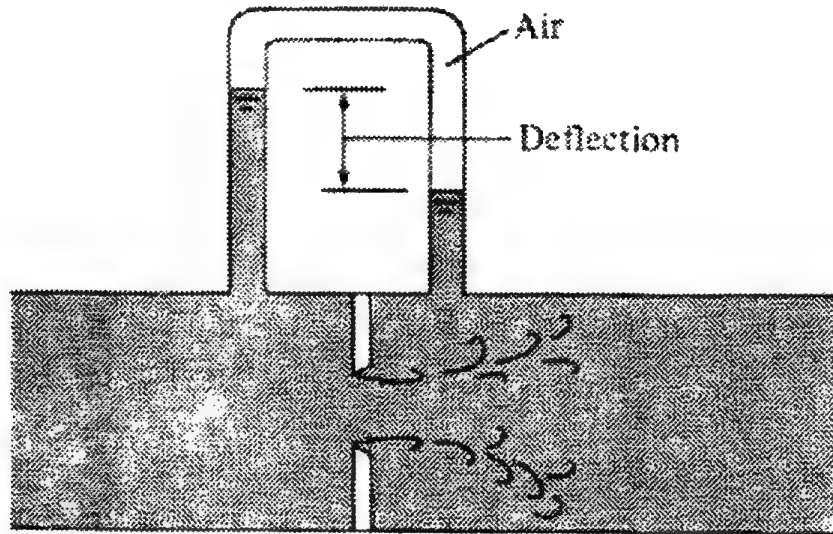
$$\Delta h = 3.15 \text{ m of water}$$

ثم بالتعويض في معادلة التصرف

$$\begin{aligned} Q &= ca \sqrt{2g \Delta h} \\ &= 0.66 \frac{\pi}{2} d^2 \sqrt{2(9.81)(3.15)} \\ &= 0.66(0.785)(0.15^2)(7.87) \\ &= 0.092 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

مثال

مانومتر هواءماء air-water manometer متصل بطرفي مقياس نو فتحة ضيقة قطرها ٢٠٠ مم داخل أنبوبة مياه قطرها ٣٠٠ مم. فإذا كان أقصى تصرف ٠,١٤٢ م^٣/ث. فما هي قراءة المانومتر في هذه الحالة. إذا كان



معامل التصرف ٠,٦٨

الحل

$$\begin{aligned} Q &= ca \sqrt{2g \Delta h} \\ \Delta h &= \frac{Q^2}{2gc^2 a^2} = \frac{(0.142)^2}{2 \times 9.81 \times 0.68^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} \right) (0.2)^2 \right]^2} \\ &= \frac{0.020}{19.62 \times 0.4624 \times 9.869 \times 10^{-4}} = 2.24 \text{ m of water} \end{aligned}$$

ويوجد ثلاث أنواع من المسائل هنا وهي إما إيجاد قيمة Q أو إيجاد قيمة Δh وذلك لقطر قنطرة معينة. والنوع الثالث وهو إيجاد قطر الفتحة وذلك لقيمة معينة من Q ، Δh .

مثال

إذا كان فرق الضغط إختناق فنشوري Venturi meter أفقى يحمل مياه هو ٣٥ كيلو باسكال. وكان قطر الاختناق d يساوى ٢٠ سم وقطر الأنبوبة D يساوى ٤٠ سم. فأوجد التصرف المار إذا كان معامل التصرف يساوى ٠,٩٢.

الحل

يتم حساب فرق الضاغط Δh أولاً

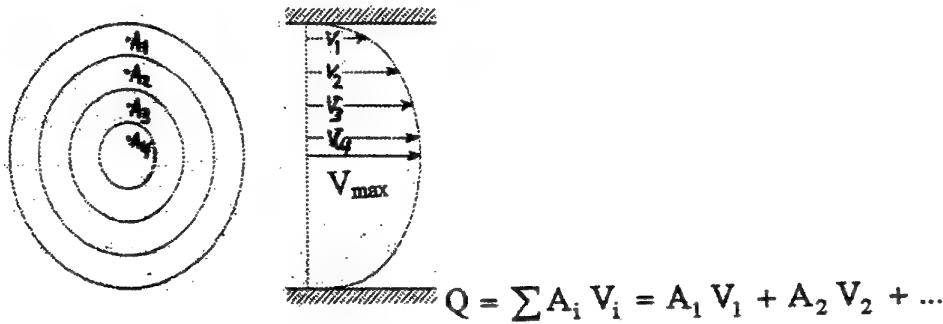
$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\gamma_{\text{water}}} = \frac{35 \text{ kN/m}^2}{9.8 \text{ kN/m}^3} = 3.57 \text{ m of water}$$

$$Q = ca\sqrt{2g\Delta h}$$

$$= 1.02 \frac{\pi}{4} (0.2)^2 \sqrt{2(9.81)(3.57)}$$

$$= 0.269 \text{ m}^3/\text{s}$$

ويلاحظ هنا أن السرعة متغيرة داخل مقطع الأنبوبة فهي تتزايد كلما ابتعدنا عن جدار الأنبوبة لتبلغ قيمتها العظمى عند مركز الأنبوبة ومروراً بالمركز إلى أن تصل إلى جدار الأنبوبة المقابل ثم يتم أخذ متوسط عشرة قراءات لفرض الضاغط h ولذلك ينتج عنه السرعة المتوسطة فى مساحة مقطع الأنبوبة نحصل على التصرف المار فى الأنبوبة.



توزيع السرعة داخل الأنبوبة

٧- مقياس الكوع Elbow meter

حيث أن نظرية عمل أى جهاز لقياس التصرف هى إحداث فرص فى الضغط فإن مرور السريان على منحنى مثل الكوع Elbow يحدث بطريقة طبيعية فرق فى الضغط Δh هو بمثابة الفاقد الثانوى فى الكوع ولهذا يستغل هذا الفاقد فى الضغط فى قياس التصرف فنلاحظ أن الطرف الخارجى للكوع يزداد فيه ضغط المياه عن الطرف الداخلى وذلك لأن الطرف الداخلى تزداد فيه فواقد الضغط والمعادلة العامة للتصرف تأخذ الصورة التالية

$$Q = ca\sqrt{2g\Delta h}$$

حيث c معامل الكوع ويساوى

$$c = \sqrt{\frac{R}{2D}}$$

حيث: R = نصف قطر دائرة انحناء الكوع

D = قطر الأنبوبة

a = مساحة مقطع الأنبوبة (م)

(٢)

Δh = الفرق فى الضاغط

(متر)

g = عجلة الجاذبية ٩,٨١ م/ث^٢

قياس التصريف فى المجارى المائية
هناك طريقتان لقياس التصريف فى المجارى المائية:

١- قياس التصريف مباشرة

أ- الهدارات

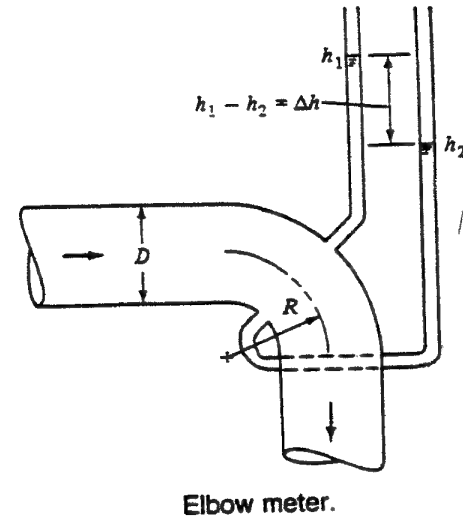
ب- الفلوم

ج- الفتحات والبوابات

٢- قياس التصريف عن طريق قياس سرعة المياه بالمجرى المائى

أ- الطريقة العائمة (Float)

ب- عداد التيار (current meter)



تعتبر الهدارات من أقل طرق قياس المياه تكلفة فى الثمن وذلك عند وجود فرق متاح فى منسوب المياه available fall . وهى تعتبر مناسبة للتصرفات الصغيرة والمتوسطة وتعتبر الهدارات بسيطة ودقيقة أيضا. يلى ذلك الفتحات submerged orifice فتستخدم عندما يكون الفارق فى منسوب المياه المتاح محدود وكمية الشوائب العائمة فى المياه أقل ما يمكن. الفلوم flume فتستخدم عندما يكون التصريف أكبر من التصريفات التى تستخدم مع الهدارات وذلك بأقل فاقد فى منسوب سطح المياه less head loss أما عدادات التيار current meter فتستخدم فى التصريفات الكبيرة للمياه وعندما تكون تكلفة إنشاء الهدارات أو الفلوم أو الفتحات كبيرة وغير عملية.

الهدارات Weirs

تعتبر الهدارات من أقدم أبسط المنشآت التى يمكن الإعتماد عليها لقياس سريان المياه فى تجمعات المياه مثل الترع والمساقى والمرابى. وتستخدم الهدارات بفاعلية عند وجود سقوط فى المجرى حوالى من ١٠ - ١٥ سم. ويمكن تعريف الهدار على أنه منشأة سقوط overflow structure تقام بعرض المجرى لقياس سريان المياه.

وقد يستخدم الهدار أيضا كمنشأة تحكم chech structure خلف بوابات الفم وذلك لرفع منسوب المياه أمام البوابات.

ويتم تعيين التصريف بقياس ارتفاع سطح مياه الأمام عن حافة الهدار ومعرفة عرض الهدار وباستخدام المعادلة المناسبة لحساب التصريف أو بالاستعانة بالجدول يتم تعيين تصرف المياه خلال الهدار.

تقسيم الهدارات

تقسم الهدارات حسب نوع السريان إلى:

- أ- سريان حر free flow كما فى الشكل ويستدل على السريان الحر بوجود هواء خلف حافة الهدار مباشرة .
- ب- سريان معمر submerged كما فى الشكل.

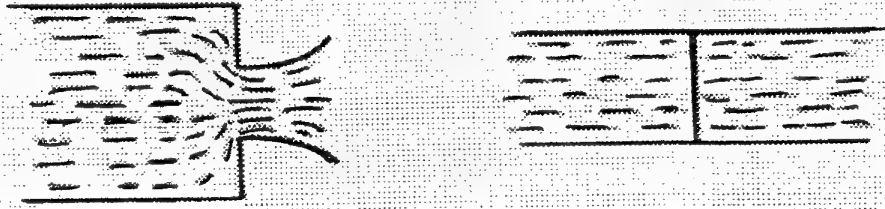


وفى السريان الحر يكون التصرف خلال الهدار مستقل تماما عن منسوب المياه خلف الهدار أما فى السريان المغمور يتأثر التصرف خلال الهدار بمنسوب المياه خلف الهدار.

أما التقسيم الثانى فهو بالنسبة لغرض الهدار ويكون كما يلى:

- أ- هدار منكمش contracted كما فى الشكل حيث يكون عرض الهدار أقل من عرض المجرى .
- ب- هدار مظموس supressed وفيه يكون عرض الهدار مساوى لعرض المجرى المائى

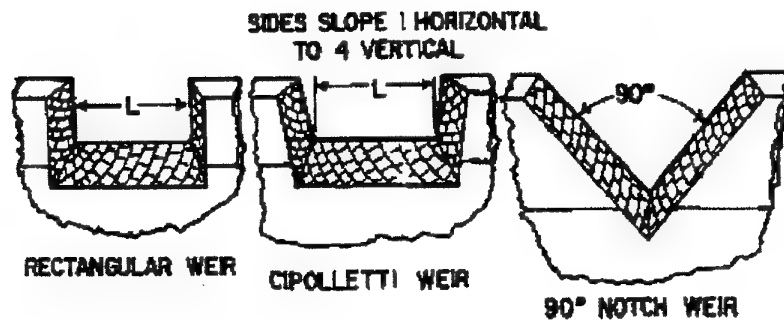
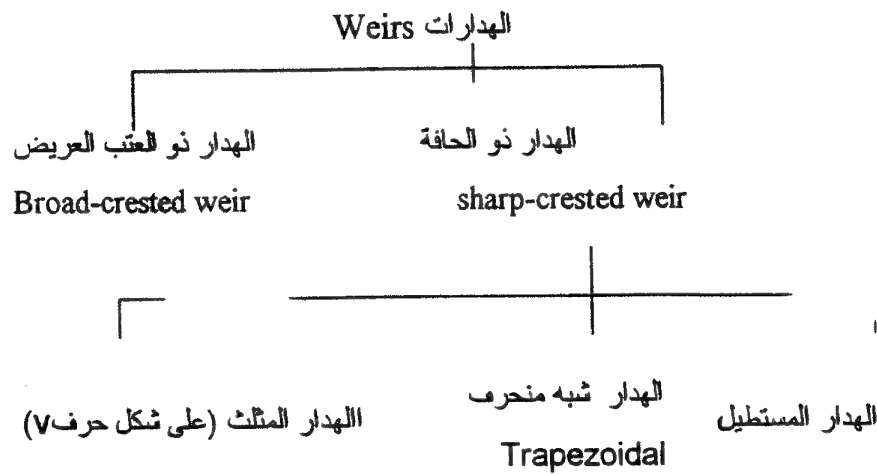
Unsuppressed flow with and contractions and suppressed flow with the weir in a channel



هدار منكمش

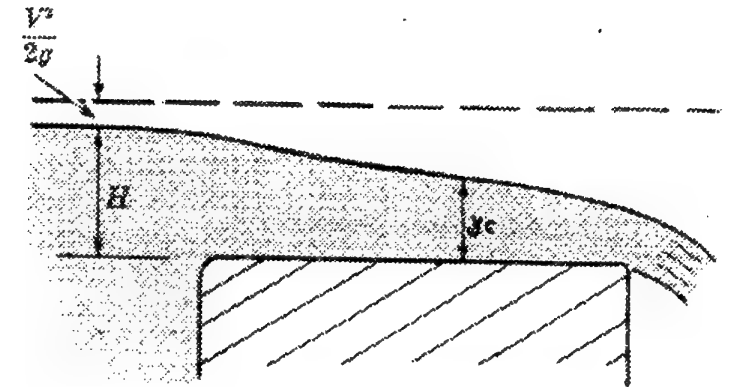
هدار مظموس

أما التقسيم حسب نوع الهدار وشكله فيأخذ التقسيم التالى:



حساب التصرف المار في الهدار

الهدار ذو العتب العريض
من المعروف أن الطاقة النوعية الكلية لسريان المياه في المجارى المائية عند نقطة تساوى مجموع عمق المياه مضاف إليه طاقة السرعة كما يلي



$$H_1 = H_2 + \frac{v^2}{2g}$$

وحيث أن السريان يبلغ الحالة الحرجة فوق عتب الهدار أى أن رقم فرود يساوى واحد صحيح فإن

$$F_r = 1 = \frac{V}{\sqrt{gy_c}}$$

$$V = \sqrt{gy_c}$$

حيث y_c : عمق الماء الحرج critical depth وبالتالي

$$H_1 = y_c + \frac{gy_c}{2g}$$

$$H_1 = \frac{3}{2} y_c$$

$$V = \sqrt{gy_c} = \sqrt{g \left(\frac{2}{3} H_1 \right)}$$

وحيث أن عرض الهدار L فإن التصرف يساوى

$$Q = L y_c V$$

$$= L \left(\frac{2}{3} H_1 \right) \sqrt{g \left(\frac{2}{3} H_1 \right)}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} g L H_1^{3/2}$$

وبالتعويض عن عجلة الجاذبية $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ فإن معادلة حساب التصرف في الهواء ذو العتب العريض باعتبار معامل التصرف يساوى واحد صحيح تصبح كما يلي

$$Q = 1.7 L H_1^{3/2}$$

حيث

Q : التصرف في الهدار م^٣/ث

L : عرض عتب الهدار بالمتر

H_1 : ارتفاع سطح مياه الأمام عن عتب الهدار H_1 بالمتر

وهناك بعض الاعتبارات التي يجب توافرها وهي

- يتم وضع الهدار بحيث يكون محور الهدار منطبق على محور المجرى المائى.
- الوضع المحكم للهдар لعدم تسر المياه من الجوانب.
- أفقية العتب ويتم ذلك بواسطة ميزان المياه.
- منسوب العتب أعلى من منسوب قاع المجرى.
- يكون الحبس الموضوع به الهدار منتظم لمسافة مناسبة

- نسبة الغمر $\frac{H_2}{H_1}$ أقل من أو تساوى ٠,٩ حيث H_2 ارتفاع سطح مياه

الخلف عن عتب الهدار.

مثال توضيحي:

عند قياس التصرف الهدار ذو العتب العريض كان ارتفاع مياه الأمام

عن عتب الهدار = ١٥ سم. وكانت نسبة الغمر $\frac{H_2}{H_1}$ تساوى ٠,٨٢ فما هو

التصرف المار فى الهدار علما بأن عرض الهدار = ٢٠ سم.

الحل

$$Q = 1.7 L H^{3/2} = 1.7 (0.2) (0.15)^{1.5} = 0.0198 \text{ m}^3 / \text{s}$$

التصرف = ١٩,٨ = ١٠٠٠ × ٠,٠١٩٨ لتر/ث

ويوجد هناك نوعا من الهدارات المائلة تسمى بالهدارات ذات العتب

الطويل long crested weir وقد أستخدم الهدار ذات العتب الطويل

لعشرات السنوات كجهاز ذاتى التحكم فى الأمام automated upstream

control device بالرغم من أن التصميم لا يحتوى على أجزاء متحركة. وكما

ذكرنا سابقا فإن الهدارات تستخدم كمنشأة تحكم فى منسوب المياه ولكن يمتاز

الهدار ذو العتب الطويل بأنه يزيد عرض السريان فى الهدار عن الهدارات

التي يتم تركيبها عمودية على المجرى. فالشكل يوضح نوعان من شاتعان من

الهدارات ذات العتب الطويل وهما الهدار المائل أو القطرى oblique وهدار

منقار البطة duckbill weir وزيادة طول الهدار weir length

يعتبر ميزة إلى أن يصل طول العتب ثمانية أمثال عرض المجرى المائل.

ومعادلة حساب التصرف للهدار ذو العتب الطويل للسريان الحر غير المعمور

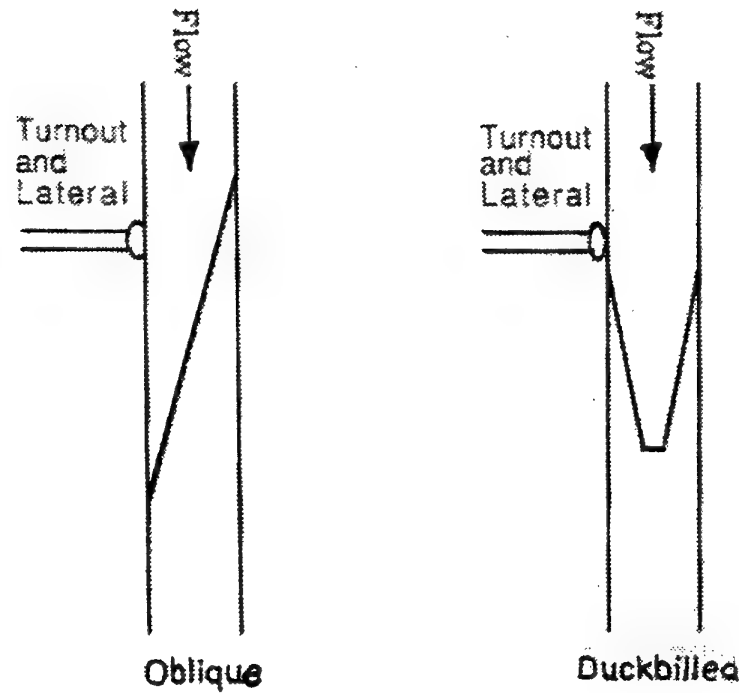
unsubmerged flow هى نفس معادلة الهدار ذات العتب العريض السابق

استنتاجها حيث L طول عتب الهدار بالمتر H = overflow crest length

ارتفاع سطح مياه الأمام عن عتب الهدار بالمتر.

وباستخدام العتب الطويل (٨ أمثال عرض المجرى المائى) بخلاف

استخدام العرض العادى للهدار كمنشأة تحكم فإن التذبذب فى سطح المياه فوق

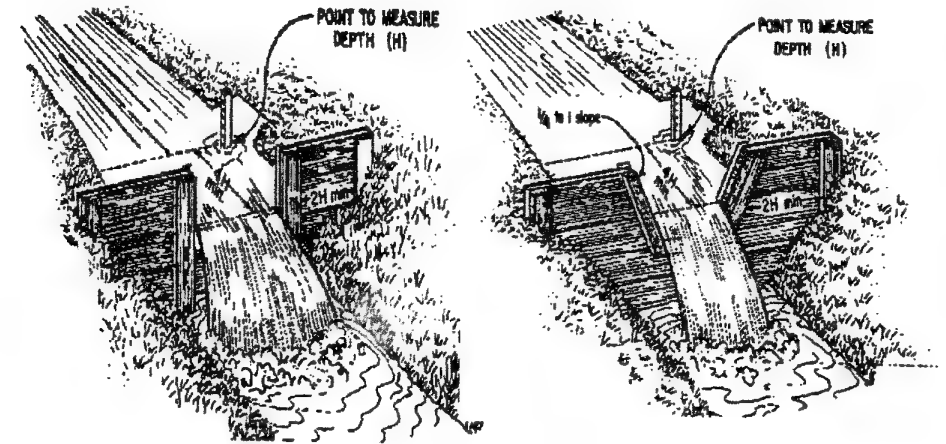


عتب الهدار يقل بمقدار ٧٥%.

الهدار ذو الحافة المستطيل وشبه المنحرف:

بفرض أن ارتفاع الماء فوق الحافة الهدار H فإنه يمكن استنتاج

معادلة تصرف الهدار كما يلى:



$$v = \sqrt{2gh}$$

$$dQ = Ldh \sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh} L dh$$

$$Q = \frac{2}{3} L \sqrt{2g} H^{3/2}$$

ويوضع معامل التصرف للهدار $c_d = 0.63$

وعملية الجاذبية $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

فإن المعادلة تصبح

$$Q = 1.86 LH^{1.5}$$

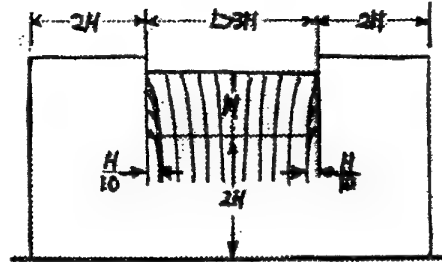
حيث Q : تصرف الهدار م^٣/ث

L : عرض الهدار بالمتر

H : ارتفاع الماء فوق حافة الهدار بالمتر

والمعادلة السابقة صحيحة للهدار المظموس supressed أما الهدار المنكمس contracted والذي فيه عرض الهدار أقل من عرض المجرى فتصبح المعادلة السابقة كما يلي:

$$Q = 1.86 (L - 0.2H) H^{1.5}$$



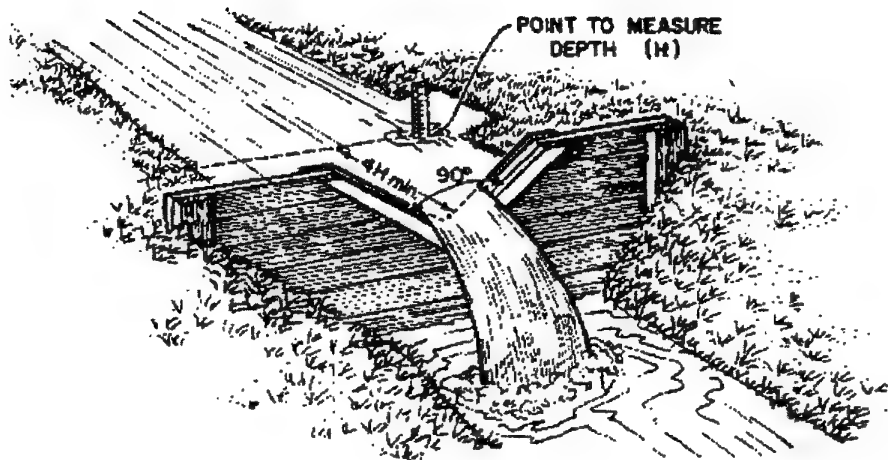
ويلاحظ أن المعادلة

قامت بتصحيح مقدار الاتكماش في عرض السريان وذلك بتقليل عرض الهدار بمقدار $0.1 H$ لكل جانب من جانبي الهدار أى بمجموع $0.2 H$ للجانبين.

الهدار المثبت على شكل حرف V ٩٠ درجة - هدار طومسون:

بفرض أن ارتفاع الماء فوق حافة الهدار H وزاوية حافة الهدار θ

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{\frac{1}{2}L}{H-h}$$



وقد وجد من نتائج التجارب العملية أنه إذا كانت $\theta = 90^\circ$ أى أن

$$C_d = \tan \frac{\theta}{2} = 1$$

تكون قيمة معامل التصرف C_d تقريبا ثابتة مع h وتساوى 0.58

وبالتالى تصبح معادلة التصرف فى الهدار المثلث ذو الزاوية ٩٠ درجة كما يلى:

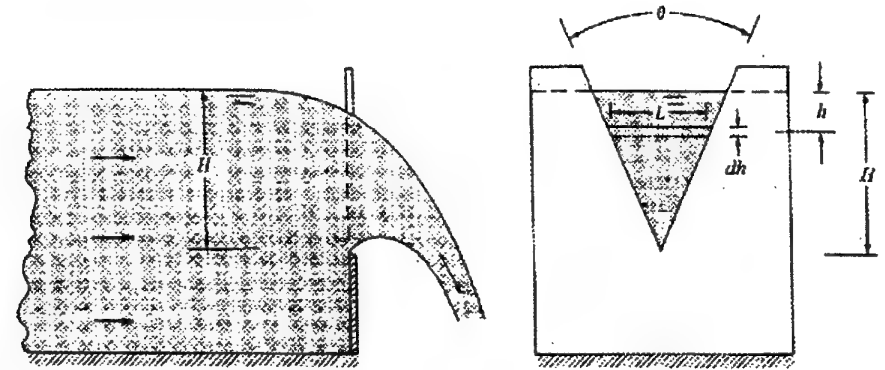
$$Q = 1.37 H^{2.5}$$

حيث Q : التصرف م^٣/ث

H : ارتفاع المياه فوق حافى الهدار بالمتري.

وهناك بعض الاعتبارات التى يجب توافرها:

- أن يكون الهدار عمودى على اتجاه سريان المياه.
- ضبط أفقية الهدار بواسطة ميزان المياه.
- أن تكون حافة الهدار فى منتصف المجرى المائى.
- أن تكون النسبة $\frac{H}{L}$ أقل من أو تساوى ٠,٤
- حيث L = عرض الهدار.
- أن توضع المسطرة المدرجة على مسافة أكبر من أو تساوى أربعة أمثال الارتفاع فوق حافة الهدار H .
- أن تكون المسافة الرأسية p أكبر من أو تساوى ١٠ سم.
- ألا يقل الارتفاع H عن ٥ سم.



$$L = 2 \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) (H - h)$$

$$dQ = L dh \sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_0^H L \sqrt{2gh} dh$$

$$Q = \int_0^H 2 \tan \frac{\theta}{2} (H - h) \sqrt{2gh} dh$$

$$= 2 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} \int_0^H (Hh^{1/2} - h^{3/2}) dh$$

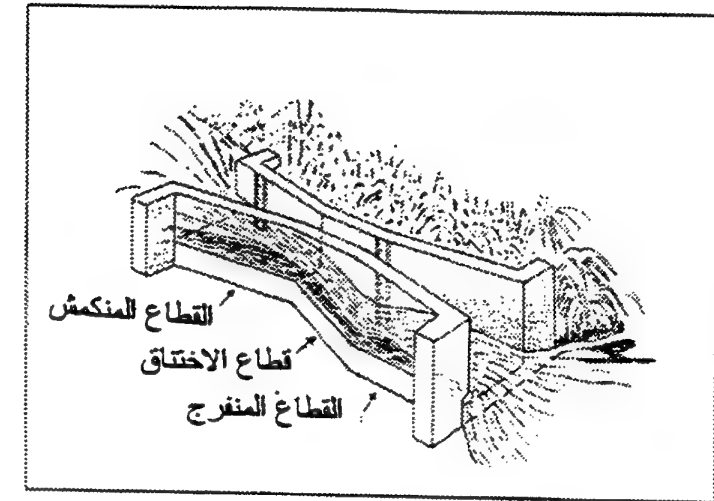
$$Q = 2 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} Hh^{3/2} - \frac{2}{5} h^{5/2} \right]$$

$$= 2 \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} H^{5/2} - \frac{2}{5} H^{5/2} \right]$$

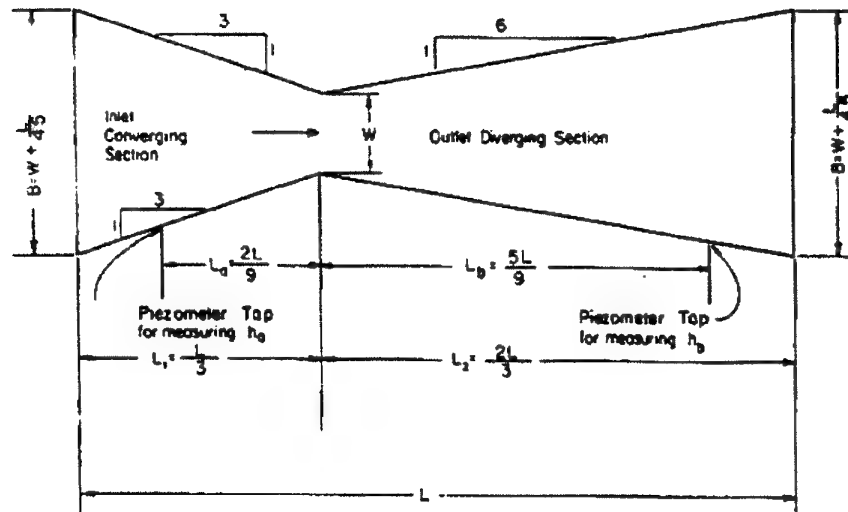
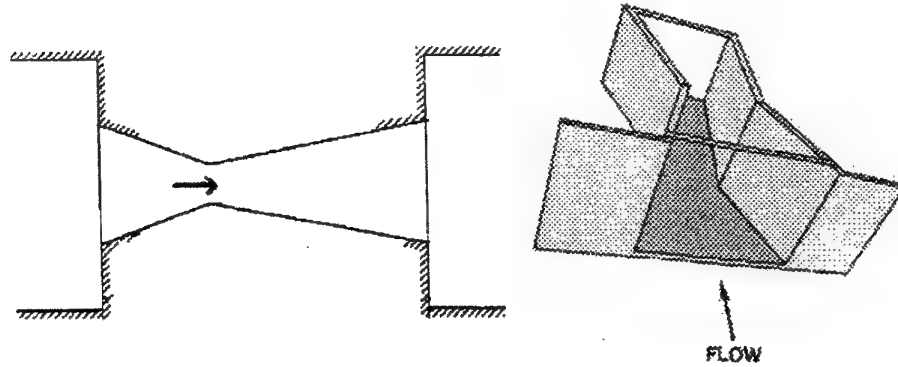
$$Q = \frac{8}{15} \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

الفلوم Flumes

الفلوم عادة أقل قابلية في حجز الشوائب العائمة الرواسب عن الهدارات ولهذا فهي تستخدم بصفة خاصة لقياس الفائض أو الجريان السطحي runoff. ومن الأنواع الشائعة للفلوم: فلوم بارشال (1950) Parshall كما هي مبينة بالشكل. وتمتاز فلوم بارشال بأنها تحتاج إلى فاقد بسيط في منسوب المياه. وجداول التصرف لمختلف الأحجام من الفلوم متاحة في مختلف المراجع المتخصصة في الهيدروليكا وسريان المياه في القنوات المكشوفة.



من الفلوم الشائعة الاستخدام في مجال الري السطحي أيضا الفلوم عديمة الرقبة Cutthroat Flum كما في الشكل وتقصيلا في Skogerboe (1973)



ويوجد أيضا فلوم تسمى باسم كلية ولاية واشنطن (Washington State College) WSC وهي عبارة عن فلوم شبه منحرف بها رقبة على شكل حرف V بزاوية ٦٠ درجة (Section 15, chapter 9)

(of the SCS National Engineering Handbook, 1962.) والصيغة

العامّة لمعادلة التصرف للقلوم تأخذ الشكل التالي:

$$Q = CH_u^a$$

حيث Q : التصرف

C : ثابت يعتمد على نوع القلوم وعرضها

A : ثابت يعتمد على نوع القلوم وعرضها

H_u : ارتفاع مياه الأمام في حالة السريان الحر فوق قاع القلوم

وفي حالة السريان المغمور يدخل في الحساب ارتفاع مياه الخلف فوق قاع

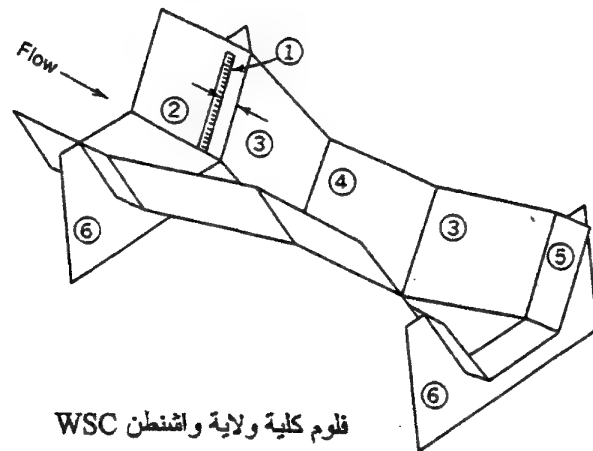
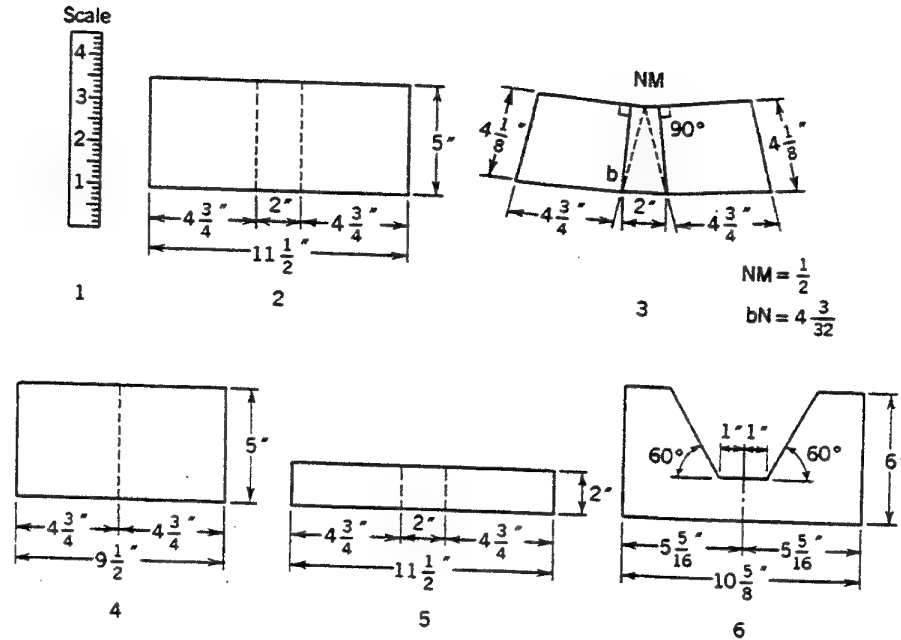
القلوم وبذلك تدخل نسبة الغمر S في حساب الصرف

$$S = \frac{H_d}{H_u}$$

حيث S : نسبة الغمر submergence ratio

H_d : ارتفاع مياه الخلف head downstream

H_u : ارتفاع مياه الأمام head upstream



قلوم كلية ولاية واشنطن WSC

Layout and dimension (in inches) of the WSC V-notch flume. (From Section 15, Chapter 9 of the SCS National Engineering Handbook, 1962.)

الفتحات والبوابات Orifices

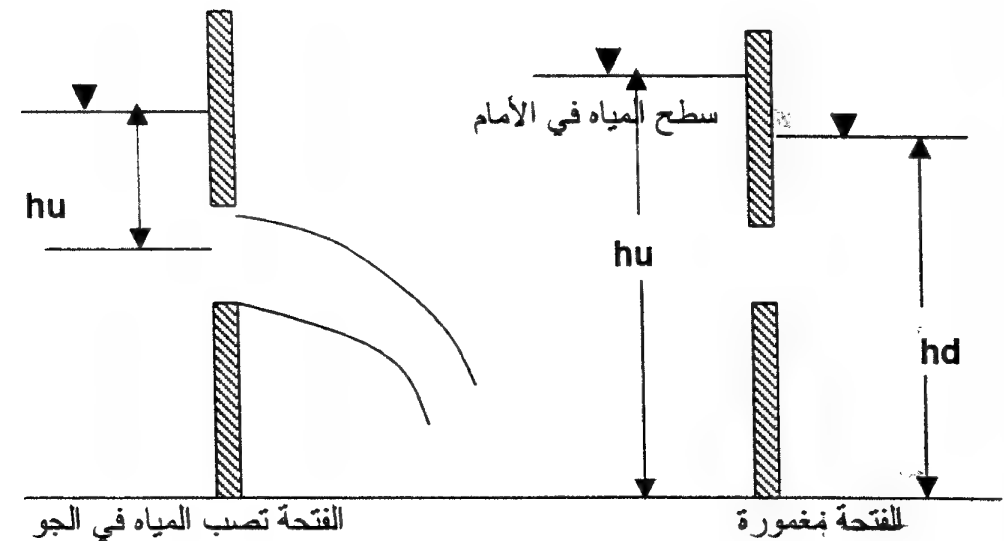
يقصد بالفتحات أى فتحة بعرض المجرى المائى يغطيها سطح مياه الأمام تماماً. ففي هذه الحالة إذا كانت الفتحة تصب مياهها فى الهواء أو فى المجرى بدون حدوث مياه مرتدة backwater أو تأثير لمستوى مياه الخلف على التصرف خلال الفتحة orifice فإن الفتحة فى هذه الحالة تعمل تحت السريان الحر free flow. أما إذا لم يغطى منسوب مياه الأمام الفتحة تماماً فإن الفتحة تعمل كهدار. ومعادلة التصرف خلال الفتحة تحت السريان الحر تكون كما يلى

$$Q_f = 0.61 A \sqrt{2g h_u}$$

حيث Q_f : التصرف خلال الفتحة تحت السريان الحر (م^٣/ث)

A : مساحة مقطع الفتحة (م^٢) سواء كانت دائرية أو مستطيلة

h_u : ارتفاع سطح مياه الأمام عن



أما إذا كانت الفتحة ذات سريان مغمور بمعنى أن الفتحة مغمورة بمياه الخلف submerged فإن ارتفاع سطح مياه الخلف عن مركز الفتحة (h_d) يدخل فى حساب التصرف خلال الفتحة كما يلى:

$$Q_s = 0.61 A \sqrt{2g (h_u - h_d)}$$

حيث Q_s : التصرف خلال الفتحة تحت السريان المغمور (م^٣/ث)

A : مساحة مقطع الفتحة (م^٢)

h_u : ارتفاع سطح مياه الأمام عن مركز الفتحة (متر)

h_d : ارتفاع سطح مياه الخلف عن مركز الفتحة (متر)

ويلاحظ هنا أن معامل التصرف تم أخذه مساوياً ٠,٦١ حيث قيمته تتراوح بين ٠,٦ - ٠,٨ حسب الشكل الهندسى للفتحة.

والفتحات توضع عادة قرب قاع المجرى وبالتالي تكون مغمورة تماماً وهذا يقلل الفرق بين سطح المياه فى الأمام والخلف فى الحالات التى يتعذر فيها استخدام الهدارات حيث يتطلب وجود سقوط فى مستوى المياه ويكون أيضاً من المتعذر استخدام الفلوم من الناحية الاقتصادية. والفتحات التى تصب مياهها فى الهواء استخدامها محدود فى المجرى المائية وذلك لأنها تطلب فرق فى منسوب سطح المياه أمام وخلف الفتحة. وبذلك يفضل استخدام الهدارات فى حالة السريان الحر عن استخدام الفتحات.

وأخيراً فإن استخدام الفتحات يتطلب أن تكون المياه غير محملة بالشوائب العائمة حيث تتراكم الشوائب العائمة أمام الفتحة.

قياس سرعة المياه بالطريقة العائمة Float Method

كيفية حساب التصريف بالطريقة العائمة:

- نختار قطاع من المجرى المائى بحيث يكون هذه القطاع منتظم وخال من الحشائش لمسافة ٣٠ متر
- لحساب مساحة القطاع فإننا نحسب المساحة لثلاثة قطاعات خلا لمسافة الـ ٣٠ متر ثم نحسب المساحة المتوسطة للقطاع.
- نملأ زجاجة فارغة حتى نصفها بالماء ونغلفها جيدا "مثل زجاجة الكوكاكولا" ونضع هذه الزجاجة فى الماء. ونحسب عدد الثوانى التى تقطع خلالها الزجاجة مسافة الـ ٣٠ متر ونكرر ذلك ٣ مرات. ونحسب متوسط الزمن.
- نحسب السرعة وذلك بقسمة طول القطاع (٣٠ متر) على متوسط الزمن الذى قطعه الزجاجة فى المرور بالقطاع (ثانية)
- السرعة الناتجة هى السرعة فوق سطح المياه وهى أكبر من السرعة المتوسطة وللحصول على السرعة المتوسطة فإننا نضرب السرعة الناتجة فى ٠,٨٥
- السرعة المتوسطة = سرعة الزجاجة $\times ٠,٨٥$
- وللحصول على التصريف المار بالقطاع:
- التصريف = المساحة المتوسطة للقطاع \times السرعة المتوسطة
- مثال توضيحي:

عند حساب التصريف بالطريقة العائمة كانت مساحة القطاع عند ٣ أماكن مختلفة هى ٠,٣٤ م^٢ ، ٠,٣٥ م^٢ ، ٠,٣٦ م^٢. وكان الزمن الذى

استغرقته زجاجة نصفها مليء بالمياه ومغلقة فى قطع مسافة ٣٠ متر وفى ثلاث محاولات هى ٩٠ ثانية ، ٩١ ثانية ، ٩٢ ثانية. فما هو التصريف؟ علما بأن طول القطاع ٣٠ متر.

الحل

$$\text{متوسط مساحة القطاع} = \frac{٠,٣٦ + ٠,٣٥ + ٠,٣٤}{٣} = ٠,٣٥ \text{ م}^٢$$

$$\text{متوسط الزمن الذى قطعه الزجاجة} = \frac{٩٢ + ٩١ + ٩٠}{٣} = ٩١ \text{ ثانية}$$

$$\text{السرعة المتوسطة للزجاجة} = \text{سرعة الزجاجة} \times ٠,٨٥$$

$$\text{سرعة الزجاجة} = \frac{\text{طول القطاع}}{\text{متوسط الزمن}} = \frac{٣٠}{٩١} = ٠,٣٣ \text{ م/ث}$$

$$= ٠,٣٣ \times ٠,٨٥ = ٠,٢٨ \text{ م/ث}$$

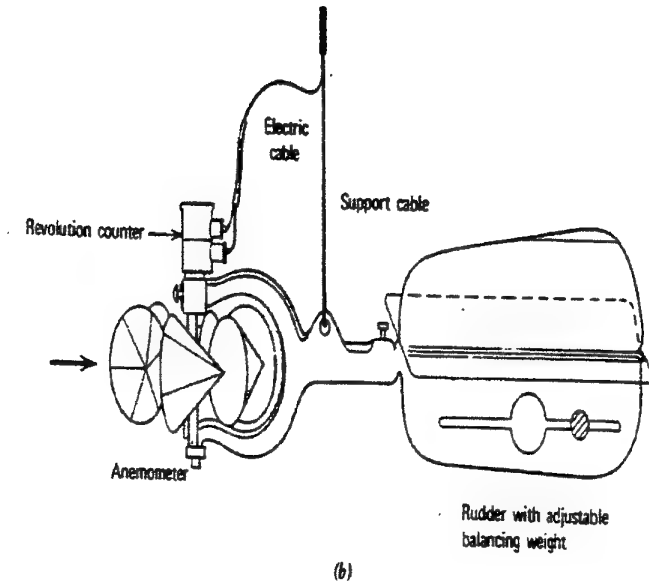
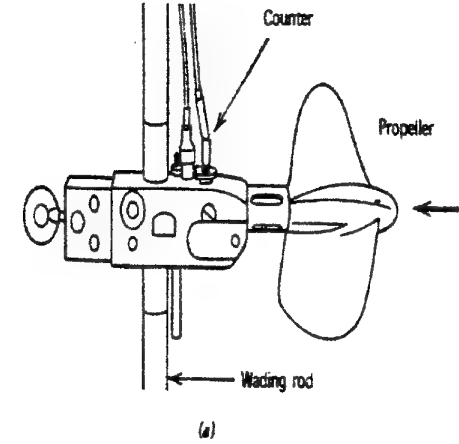
$$\text{التصريف} = \text{متوسط مساحة القطاع} \times \text{السرعة المتوسطة}$$

$$= ٠,٣٥ \times ٠,٢٨ = ٠,٠٩٨ \text{ م}^٢/\text{ث}$$

$$\text{التصريف} = ٠,٠٩٨ \times ١٠٠٠ = ٩٨ \text{ لتر/ث}$$

قياس سرعة المياه بواسطة عداد التيار (كرنتيميتير)

هناك عدة أنواع من أجهزة عداد التيار (كرنتيميتير). منها من يعمل

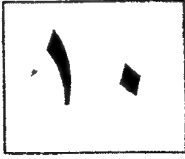


عداد قياس سرعة تيار المياه في المجاري المائية

بواسطة مروحة تحركها المياه حركة دائرية وعن طريق معرفة عدد لفات المروحة في الدقيقة وباستخدام الجداول يمكن معرفة السرعة. وهناك أجهزة حديثة تعمل بواسطة المجال الكهرومغناطيسي وتعطي السرعة مباشرة.

كيفية حساب التصرف بواسطة عداد التيار (كرنتيميتير):

- نختار مكان مناسب للقياس بحيث يكون القطاع منتظم لمسافة مناسبة وبعيدة عن الحشائش.
 - يتم تقسيم القطاع المائي إلى عدة أقسام متساوية (٥ إلى ١٠ أقسام) وبالنسبة للترع الكبيرة تقسم على ٣٠ قسم.
 - يتم تحديد المنتصف (المركز) لكل قسم. ويتم قياس عمق المياه عنده.
 - إذا كان عمق المياه أقل من أو يساوي ٤٥ سم فإنه يتم أخذ قراءة السرعة عند ٠,٦ من عمق المياه وذلك مقاسه من سطح المياه.
 - إذا كان جهاز الكرنتميتير من الأجهزة الحديثة (كهرومغناطيسي) فإنه يعطي السرعة مباشرة.
 - إذا كان جهاز الكرنتميتير يعمل بالمروحة فإنه يتم حساب عدد اللفات في الدقيقة للمروحة ٣ مرات لكل قراءة ثم الكشف في الجداول وحساب السرعة المتوسطة.
 - يتم حساب السرعة المتوسطة لكل قطاع.
 - يتم حساب مساحة لكل قطاع.
 - يتم حساب التصرف المار في كل قطاع.
- التصرف = مساحة القطاع × السرعة المتوسطة

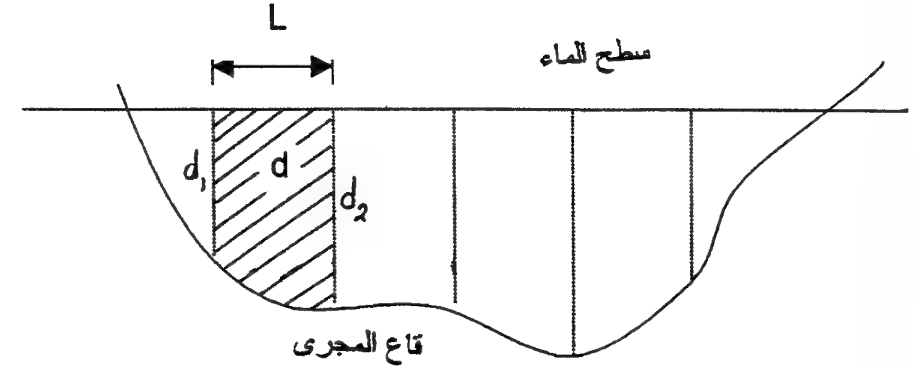


نظم الري السطحي

Surface Irrigation Systems

في الري السطحي تتساب المياه فوق سطح الأرض بالجاذبية ولذلك فإن توزيع المياه يعتمد على خواص التربة من حيث انحدارها ومعدل تقرب المياه خلالها وخشونة سطحها بالإضافة إلى تصرف مصدر المياه ذاته. وعلي ذلك فإن تكاليف إنشاء وتشغيل وصيانة الري السطحي تقل عن طرق الري الأخرى بالإضافة إلى أنها لا تعتمد على الخبرات التكنولوجية العالية. ومن عيوبها أنها تحتاج إلى تسوية دقيقة للأرض وتصرف مياه مرتفع وتستقطع نسبة من الأرض في المراوى والبتون والزواريق وبالتالي قد تعيق عمليات الميكنة الزراعية في حالة المساحات الصغيرة واعتمادها في توزيع المياه على صفات التربة وبالتالي تقل كفاءة الري بالمقارنة بطرق الري الأخرى.

والرسم التخطيطي التالي يوضح مكونات نظم نقل وتوزيع المياه في الري السطحي حيث يوضح استخدام العبارات في قياس المياه مثل Parshall Flume واستخدام منشآت السقوط Drop معتدل للقنوات عند وجود انحدار شديد في الأرض الطبيعية وكذلك استخدام صندوق التوزيع Division Box لتوزيع المياه لأكثر من اتجاه واستخدام الأنابيب المبوبية Gated pipe في



- التصرف الكلي = مجموع التصرفات المارة في كل قطاع.

طريقة حساب سرعة تيار المياه بواسطة عداد التيار (كرنتيمتر)

لحساب التصرف المار في المجرى المائي
مثال:

التصرف المار في الحبس بين النقطتين ٢، ٣ = مساحة القطاع المهدر × السرعة المتوسطة

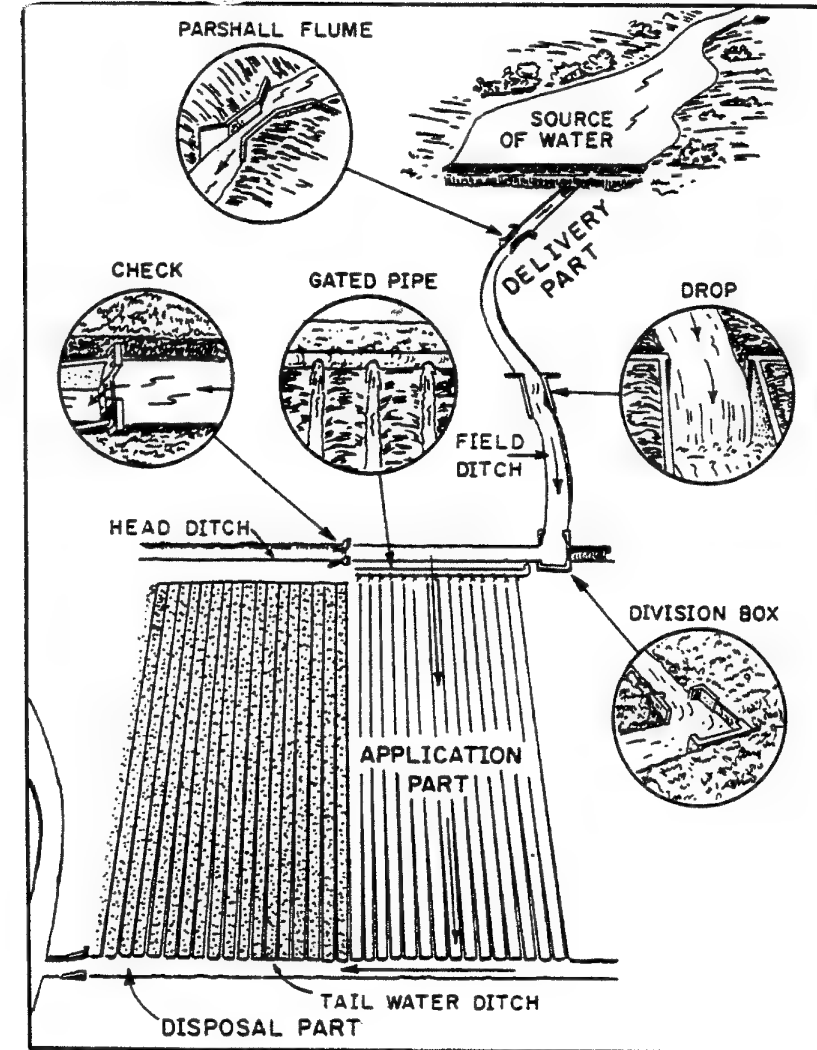
$$q = \frac{d_1 + d_2}{2} \times L \times V_{av}$$

حيث V_{av} : السرعة المتوسطة

التصرف الكلي = مجموع التصرفات المارة في جميع القطاعات

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i$$

توزيع المياه داخل الحقل على الخطوط واستخدام الحواجز أو الهدارات Check للتحكم ورفع منسوب المياه أمامها لتغذية فتحات الري الجانبية .



(Taken from USDA-SCS, 1974.)

وتنقسم نظم الري السطحي من حيث طريقة أعداد الأرض وإضافة المياه إلى:-

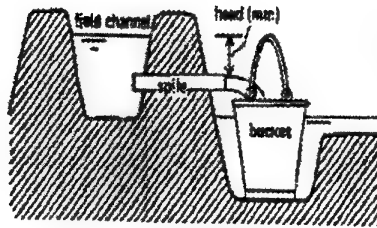
١- الري بالأحواض Basin irrigation

٢- الري بالشرائح Border irrigation

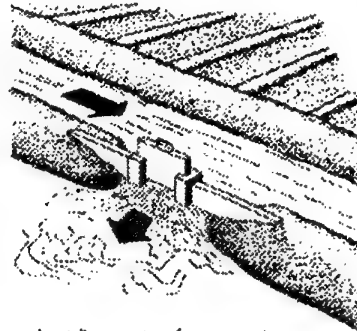
٣- الري بالخطوط Furrow irrigation

الري بالأحواض

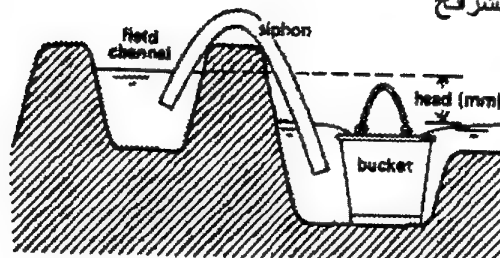
تنقسم الأرض إلى أحواض ويتم الري عند رأس الحوض من المروى باستخدام بوابات أو سيفونات أو مواسير مدفونة. ويكون ميل الأرض في الاتجاه العرضي صفراً مع وجود ميل خفيف في اتجاه سريان المياه بطول الحوض. وهو يلائم المحاصيل الكثيفة مثل القمح والبرسيم والأرز، ويلائم التربة الثقيلة إلى متوسطة القوام بينما في التربة الخفيفة يقل طول الحوض مما يعوق عمليات الميكنة. في الري بالأحواض يتم إطلاق المياه حتى وصولها لنهاية الحوض. ويجب أن تغطي المياه الحوض في ٦٠% - ٧٥% من زمن الري على الأقل. ويحسب التصريف اللازم لري الحوض على أساس تصرف من ١ إلى ٢ لتر/ ثانية لكل متر من عرض الحوض ويعتمد هذا التصريف على كل من الميل الطولي للحوض وقوام التربة.



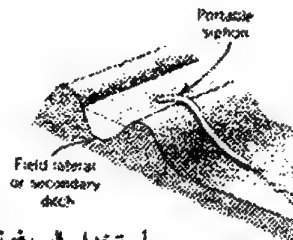
استخدام الأنبوب المنقورة في الري

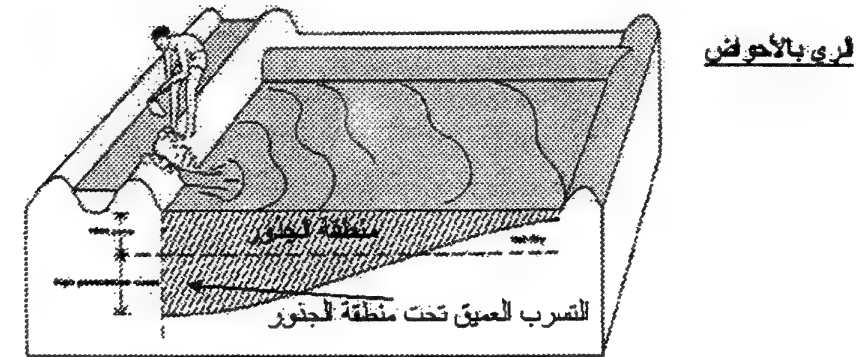
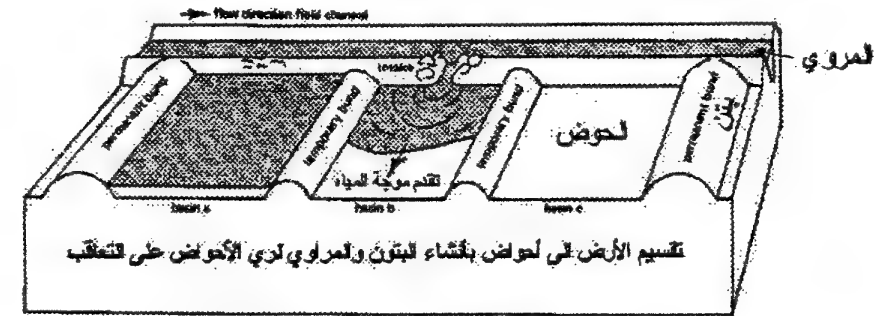


استخدام لبوابات في الري الأحواض والشرائح



استخدام لسيفونات في الري





ويمكن استنتاج المعادلة الأساسية التي تربط بين التصريف وزمن الري ومساحة الحوض وعمق ماء الري المضاف كما يلي:-

التصريف × زمن الري = مساحة الحوض × عمق ماء الري المضاف

$$Q \times Ti = A \times dg$$

$$Q \times Ti = W \times L \times \frac{dn}{Ea}$$

$$Ti = \frac{W \times L \times dn}{Q \times Ea}$$

$$Ti = \frac{W \times L \times AW \times D \times depletion}{Q \times Ea}$$

حيث Ti زمن الري مقدرًا بالساعة

W, L طول وعرض الحوض بالمتر

Q التصريف م^٣/س

AW عمق الماء المتاح مم/متر

D عمق الجذور بالمتر

$Depletion$ نسبة استنفاد الرطوبة

Ea كفاءة نظام الري على إضافة المياه

مثال:

أوجد زمن الري لحوض عرضه ٣٠ متر وطوله ٧٠ متر وعمق الماء المتاح ١٦٠ مم/متر وعمق الجذور ٧٥ سم ونسبة الاستنفاد ٥٠% وكفاءة الري ٦٥% والتصرف المستخدم ١٠٨ م^٣/س.

$$Ti = \frac{W \times L \times AW \times D \times depletion}{Q \times Ea}$$

$$Ti = \frac{30 \times 70 \times 160 \times 0.75 \times 0.50}{108 \times 0.65 \times 1000} = 1.8 \text{ hours}$$

وإذا علمت أن الاستهلاك المائي للمحصول ٦ مم/يوم وكان المطلوب حساب الفترة بين الريات فيتم حسابها كما يلي

$$F = \frac{Aw \times D \times depletion}{ETc}$$

$$F = \frac{160 \times 0.75 \times 0.50}{6} = 10 \text{ days}$$

وكمثال لتخطيط الري السطحي المطور في الأراضي الجديدة بمنطقة بنجر

السكر تغذى منطقة بنجر السكر من ترعة النوبارية وهي ترعة كبرى

Principal Canal عن طريق ترعة رئيسية Main Canal تسمى ترعة

النصر وتسرى بها المياه ضد الجاذبية عن طريق ٥ محطات رفع للمياه

المسافة بين كل محطة ١٠ كم ومقدار رفع المحطة حوالي ١٠ متر والمحطة

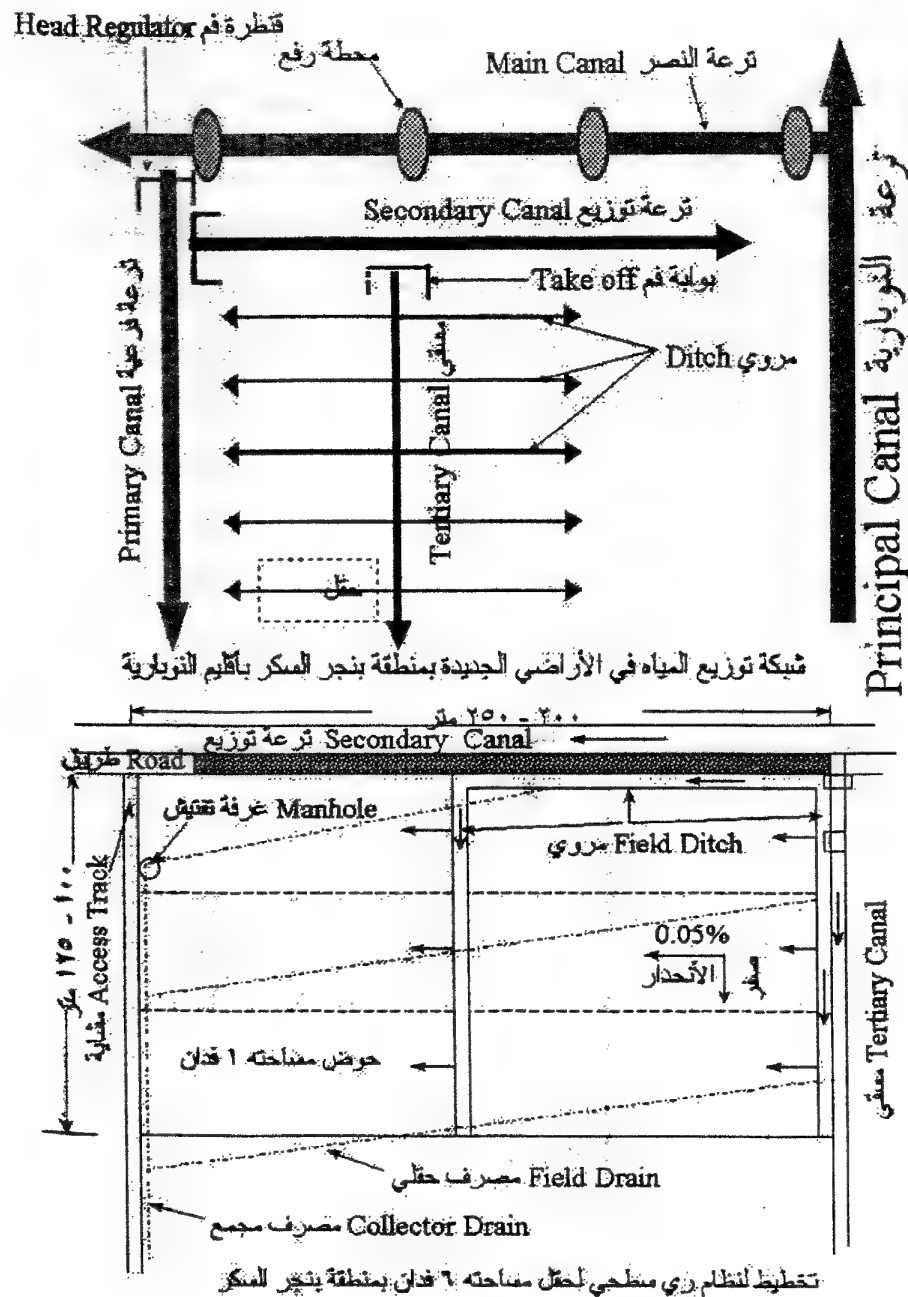
الواحدة تحتوى على ١٠ وحدات منهم ٣ احتياطي وتصرف الوحدة الواحدة

حوالي ١٠ م^٣/ث وتتفرع من ترعة النصر ترع فرعية Primary Canal

يتفرع منها ترع توزيع Secondary Canal والتي تنتهى بالمساقى

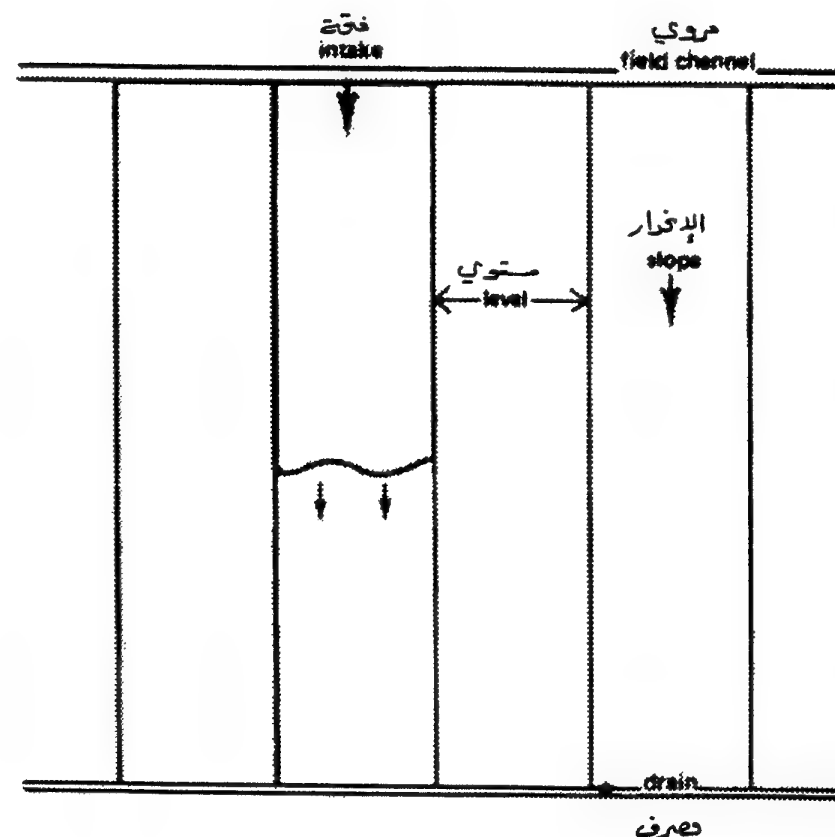
Tertiary canal و يخدم المسقى ٧ مزارعين كل مزارع بحيازته ٦ فدان

وذلك للمسقي على يد واحدة أما إذا كان المسقي على اليدين فإن المسقي يخدم ١٤ مزارع أي ٨٤ فدان بحيث أن التصريف المار في المسقي ٢٢ لتر/ث في حالة ٧ مزارعين ويتم الري بحيث كل مزارع يروى لمدة يوم (٢٤ ساعة) وبذلك يكفي الأسبوع لري ٧ حقول أي أن الفترة بين الريات ٧ أيام أما في حالة المسقي على اليدين أي ١٤ مزارع فإن التصريف يكون ٤٤ لتر/ث ويتم الحصول على هذا التصريف بزيادة انحدار المسقي وهو بنفس أبعاد المسقي على يد واحدة الذي ينقل تصريف ٢٢ لتر/ث وبذلك فإنه بزيادة انحدار المسقي يتم مضاعفة سرعة المياه وبالتالي مضاعفة التصريف ويتم الري بحيث يقوم كل ٢ مزارعين بالري في نفس الوقت لمدة يوم (٢٤ ساعة) على أن يتم الانتهاء من ري مساحة ٨٤ فدان في خلال أسبوع. ويتضح من هذا أن المياه تطلق في المساقى بصفة مستمرة وهذا هو التصميم الأصلي لهذه المنطقة ولكن نظرا لقلّة المياه فقد تم عمل مناوبات على أساس أن يتم إعطاء المياه لمدة أسبوع عمالة وقطع المياه لمدة ١٤ يوم بطالة وهكذا يحصل المزارعين على المياه طبقا لمناوبة ري مدرتها ٢١ يوم (٧ عمالة + ١٤ بطالة) مما يعرض المحاصيل إلى إجهاد رطوبي يتسبب في تخفيض الإنتاجية عدا بعض المزارعين الأوفر حظا حيث تقع أراضيهم في بدايات الترع أو بالقرب من المصارف مما يمكنهم من تعويض النقص في المياه أما بالري مرتين أثناء دور العمالة أو باستخدام مياه الصرف أثناء فترة أقصى الاحتياجات وذلك باستخدام طلمبات ديزل متحركة.



الري بالشرائح

يستخدم الري بالشرائح حينما يوجد انحدار منتظم في الأرض في اتجاه واحد حيث تقسم الأرض في هذه الحالة إلى شرائح طولية ذات انحدار طولي منتظم بينما يعتمد عرض الشريحة على التصريف المتاح. ويتم إطلاق المياه في الشريحة لحين وصول موجة المياه إلى ¼ طول الشريحة ثم تقطع المياه وتترك موجة المياه لتتساقط إلى نهاية الشريحة وعند التصميم الصحيح تكمل موجة المياه المسافة لنهاية الشريحة. ويلتزم الري بالشرائح المحاصيل الكثيفة والتربة الثقيلة إلى المتوسطة أما في التربة الخفيفة فيجب أن تقل طول الشريحة حتى لا يحدث زيادة في التسرب العميق عند بداية الشريحة. ويمكن حساب زمن إطلاق المياه من نفس المعادلة التي استخدمت في الري بالأحواض. والرسم التالي يوضح تخطيط الري بالشرائح.

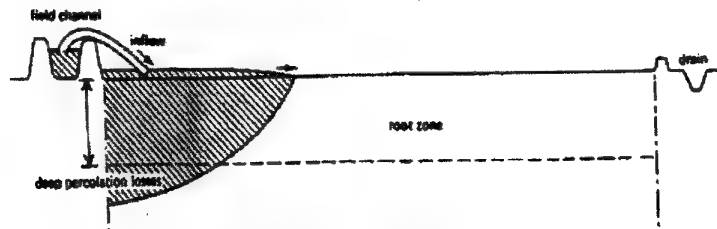
الري بالخطوط

في الري بالخطوط تقسم الأرض بحيث تسري المياه في قنوات صغيرة طولية تسمى خطوط ويجب أن يكون قوام التربة ثقيلة إلى متوسطة حتى تتسرب المياه من بطن الخط عرضيا بالخاصية الشعرية لتصل إلى جذور النباتات حيث أن التربة الرملية تتحرك فيها المياه رأسيا والحركة الشعرية تكون ضعيفة ولا تصل فيها المياه عرضيا إلى منطقة الجذور. ويلتزم الري بالخطوط المحاصيل التي تزرع على خطوط مثل الذرة والقطن والبطاطس وبعض محاصيل الخضراوات. ونلاحظ أنه في الري بالخطوط تغمر الأرض جزئيا بعكس الري بالأحواض والشرائح. ويعتمد التصريف المستعمل على الميل الطولي للخط وبحسب أقصى تصرف يمكن استخدامه بحيث لا يحدث نحر في التربة من المعادلة التجريبية الآتية:-

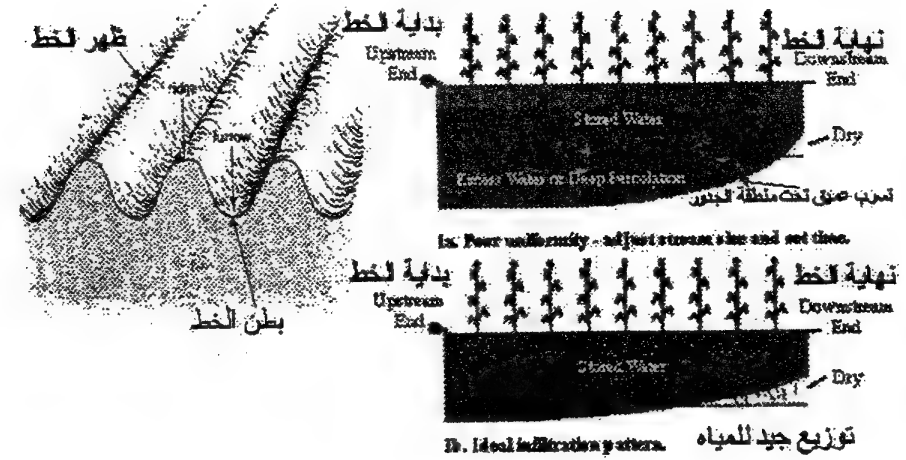
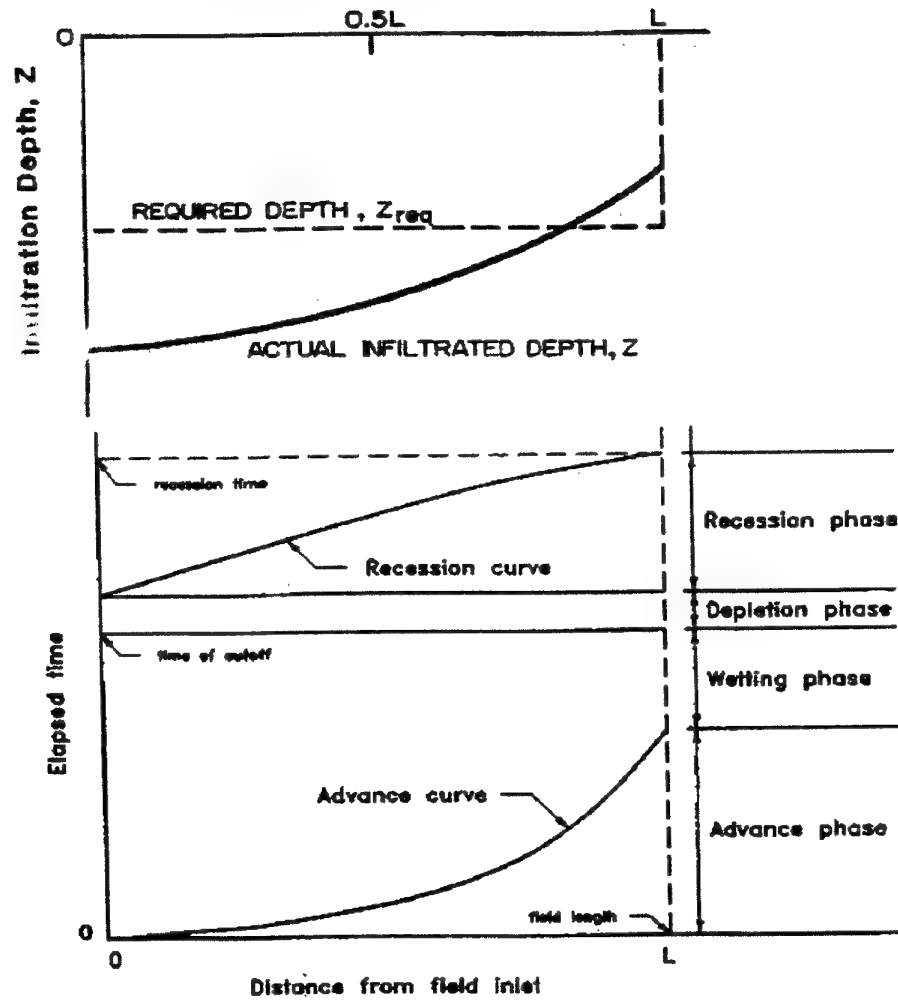
$$Q = \frac{0.6}{S\%}$$

حيث Q تصرف الخط لتر/ثانية - S% ميل الخط كنسبة مئوية. فمثلا إذا كان الميل الطولي للخط ١٠ سم لكل ١٠٠ متر طول فإن الميل الطولي كنسبة مئوية يساوي ٠,١٠ % وبالتعويض في المعادلة فإن أقصى تصرف لا يحدث نحر ٦ لتر/ث. وبالطبع فإن التصريف المستخدم عمليا لا يصل إلى هذا الحد الأقصى وغالبا يستخدم تصرف يتراوح بين ١ إلى ٣ لتر/ث للخط.

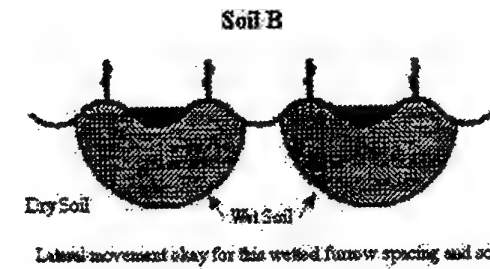
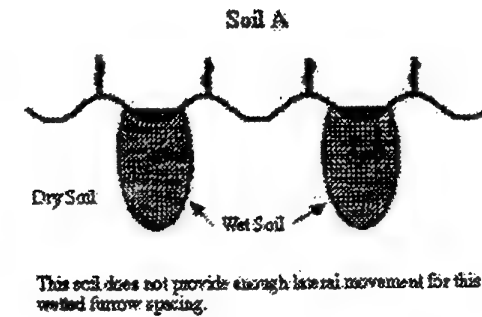
مراحل الري السطحي Surface Irrigation Phases



Distance from Field Inlet, X



الشكل العلوي يوضح توزيع سيئ للمياه حيث يوجد تسرب عميق تحت منطقة الجذور يتطلب تعديل كل من أنصرفت وزمن الري بينما يوضح الشكل السفلي توزيع جيد للمياه.



لترية خفيفة وتحرك المياه عرضيا بالخاصية الشعرية غير كافي لأبتلال المسافة بين الخطوط

نوع التربة وناسب الري بالخطوط حيث أن تحرك المياه عرضيا بالخاصية الشعرية كافي لأبتلال المسافة بين الخطوط

وتنقسم المراحل التي تتم بها عملية الري السطحي الي :-

١- مرحلة تقدم موجة المياه Advance Phase

٢- مرحلة التخزين Storage Phase

٣- مرحلة الاستنفاد Depletion Phase

٤- مرحلة الانحسار Recession Phase

معايير أداء نظم الري السطحي Performance Parameters

١- كفاءة إضافة المياه Water application efficiency

$$E_a = \frac{Z_{req} \times L}{Q_u \times T_{co}}$$

E_a = كفاءة إضافة المياه L = طول الحوض أو الشريحة أو الخط

$d_n = Z_{req}$ = عمق ماء الري الصافي المطلوب لمنطقة الجذور

Q_u = التصريف لوحدة العرض من الحقل T_{co} = زمن إطلاق المياه

ويجب أن نلاحظ هنا أن العمق المتسرب Z_{req} والذي تم اختياره في منطقة الجذور يوجد له ثلاث حالات للتعبير عن الكفاءة وهي:-

■ اقل عمق وهي صريقة أكثر تحفظاً وتعطى كفاءة منخفضة

Absolute minimum application efficiency

■ متوسط الأعماق المتسربة والمختزنة في منطقة الجذور

Application efficiency (AE)

■ متوسط أقل ربع للأعماق المتسربة والمختزنة في منطقة

الجذور - Actual application efficiency of low-quarter (AELQ)

٢- انتظامية التوزيع (تجانس التوزيع) Distribution Uniformity

$$DU = \frac{Z_{lq}}{Z_{av}}$$

DU = تجانس التوزيع Z_{av} = متوسط أعماق المياه المتسربة

Z_{lq} = متوسط العمق المتسرب في أقل ٢٥% من الأعماق المتسربة

Low-quarter depth =

ويلاحظ هنا الفرق بين تجانس التوزيع وكفاءة إضافة المياه حيث أن البسط هنا

هو متوسط الأعماق المتسربة في أقل ربع أما في كفاءة إضافة المياه فهو أقل

عمق متسرب وإن المقام هنا هو متوسط الأعماق المتسربة كما في حالة كفاءة

إضافة المياه فهو متوسط العمق المضاف. والفرق بين متوسط العمق المضاف

dg ومتوسط العمق المتسرب Z_{av} هو عمق الجريان السطحي RO كما يلي

$$Z_{av} - RO = dg$$

وفي حالة عدم وجود جريان سطحي كما هو الحال في الري بالتنقيط قد

يستخدم تجانس التوزيع DU مكان كفاءة إضافة المياه E_a .

٣- معامل الانتظام أو التجانس Christiansen's Uniformity

Coefficient

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Z_i - Z_{av}|}{n \times Z_{av}}$$

Z_i = العمق المتسرب Z_{av} = متوسط الأعماق المتسربة

n = عدد الأعماق المتسربة CU = معامل الانتظام

في بعض الأحيان يتم استخدام تعبير مقابل لمعامل الانتظام ومكافئ له يطلق

عليه كفاءة التوزيع (Distribution Efficiency (Ed) وبذلك يكون $CU =$

Ed

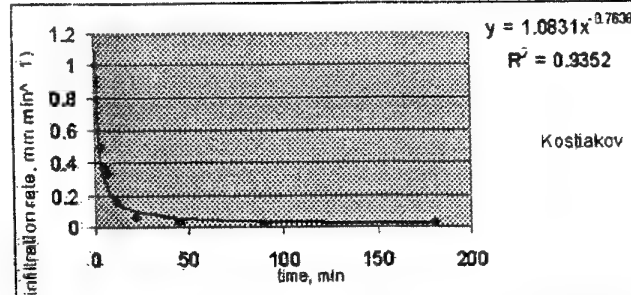
$$E_d = 1 - \frac{y}{d}$$

٤- نسبة التسرب العميق Deep Percolation Ratio

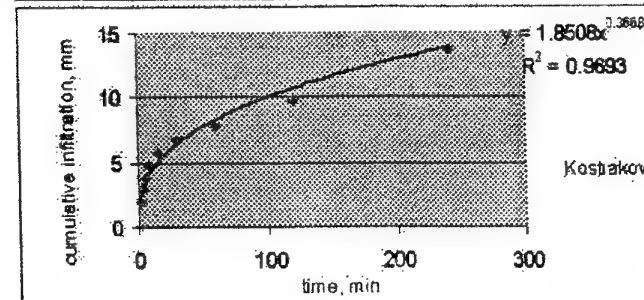
والجدول التالي يوضح القراءات لتجربة الأسطوانة المزدوجة وكيفية تحليلها باستخدام برنامج ميكروسوفت أكسل ورسم كل من منحنى التسرب التركمي ومعدل التسرب.

Infiltration equation from direct measurement (Kostiakov equation).

$z=k \cdot t^m$			Infiltration in mm and in mm min ⁻¹							
$dz/dt=k \cdot m \cdot t^{(m-1)}$			Measured				Predicted			
Time in minutes			incr				cumul rate			
start	stop	mid	delta t	dz	z	dz/dt	$dz/dt=1.0831 \cdot t^{(-0.7638)}$			
							$z=1.850 \cdot t=4.585 \cdot t^{0.2362}$			
0	2	1	2	2	2	1	1.0831	2.3866	5.40061	
2	4	3	2	1	3	0.5	0.468	3.0775	6.3613	
4	6	5	2	0.75	3.75	0.375	0.31681	3.571	7.00065	
6	9	7.5	3	1	4.75	0.333	0.23243	4.1436	7.70427	
9	15	12	6	1	5.75	0.167	0.16233	4.9975	8.69225	
15	30	22.5	15	1	6.75	0.067	0.10043	6.4442	10.2385	
30	60	45	30	1	7.75	0.033	0.05915	8.3097	12.0598	
60	120	90	60	2	9.75	0.033	0.03484	10.715	14.205	
120	240	180	120	4	13.8	0.033	0.02052	13.817	16.7319	



معدل التسرب



لتسرب لتراكمي

$$D_{pr} = \frac{L(Z_{av} - Z_{req})}{Q_u \times T_{co}}$$

٥- نسبة التقدم Advance Ratio

$$AR = \frac{T_L}{T - T_L}$$

T_L = زمن وصول موجة المياه لنهاية الحقل

$T - T_L$ = زمن بقاء المياه في نهاية الحقل أو الزمن اللازم لتسرب عمق ماء

الري الصافي $d_n = Z_n$

ويحسب زمن التسرب من معادلة التسرب التي يتم الحصول عليها من تجربة

الأسطوانة المزدوجة Double Ring Infiltrometer وتوجد معادلة التسرب

Infiltration العلاقة بين عمق الماء المتسرب Z و T من فرصة التسرب

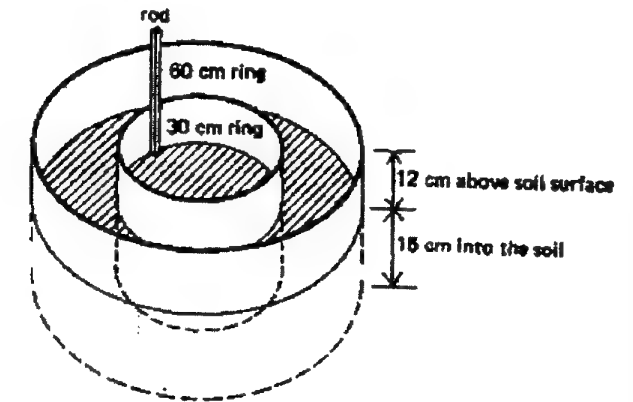
ويطلق عليها معادلة كوستياكوف Kostiakov $Z = kT^m$ حيث تمثل كل من

k, m ثوابت المعادلة ويمكن الحصول من هذه المعادلة على الزمن T_n اللازم

لتسرب عمق ماء الري الصافي d_n أو Z_n كما يلي

$$d_n = k T_n^m$$

$$T_n = \left(\frac{Z_n}{k} \right)^{\frac{1}{m}}$$



والجدول يحتوي على القراءات الحقلية للزمن ومقدار الانخفاض في مستوى المياه داخل الاسطوانة الداخلية بالمم كما يلي :

العمود رقم ١ : يحتوي على بداية الفترة الزمنية بالدقيقة

العمود رقم ٢ : يحتوي على نهاية الفترة الزمنية

العمود رقم ٣ : يحتوي على قراءة الزمن t وهي عبارة عن متوسط بداية ونهاية الفترة الزمنية أي متوسط العمود ١ والعمود ٢.

العمود رقم ٤ : يحتوي على الفترة الزمنية Δt وهي عبارة عن فرق العمود ٢ - العمود ١.

العمود رقم ٥ : يحتوي على مقدار الانخفاض في مستوى المياه داخل الاسطوانة الداخلية من التجربة الحقلية dz

العمود رقم ٦ : يحتوي على العمق التراكمي لتسرب المياه Z وهو بمثابة مجموع قيمة Z السابقة مضافاً إليها قيمة dz الحالية.

العمود رقم ٧ : ويحتوي معدل التسرب $\frac{dz}{dt}$ وهو خارج قسمة العمود رقم ٥ والعمود رقم ٤

العمود رقم ٨ : وهو يحتوي على قيمة معدل التسرب $\frac{dz}{dt}$ والمتحصل عليها من

معادلة توفيق منحني البيانات أي العلاقة بين رسم المنحني للعمود رقم ٣ الذي يمثل الزمن والعمود رقم ٧ الذي يمثل معدل التسرب وذلك باختيارنا توفيق المنحني بعلاقة أسية وهي كما هو مبين بالرسم.

$$\frac{dz}{dt} = 1.0831 t^{(-0.7638)}$$

العمود رقم ٩ : ويحتوي على قيمة العمق التراكمي للتسرب Z والمتحصل عليها من معادلة توفيق منحني البيانات أي العلاقة بين رسم المنحني

للعنود رقم ٣ الذي يمثل الزمن والعمود رقم ٦ الذي يمثل العمق التراكمي للماء المتسرب بعلاقة أسية كما هو مبين بالمنحني الثاني.

$$Z = 1.8508 t^{0.3668}$$

مع ملاحظة أنه داخل المنحني x تمثل t أي المحور الأفقي ، y تمثل Z أي المحور الرأسي

العمود رقم ١٠ : نحصل على هذا العمود من معادلة التسرب التراكمي Z الناتجة من تكامل معادلة معدل التسرب الموجودة بالعمود رقم ٨ كما يلي

$$\frac{dz}{dt} = 1.0831 t^{-0.7638}$$

$$\int_0^Z dz = \int_0^t 1.0831 t^{-0.7638} dt$$

$$Z = \frac{1.0831}{(1 + (-0.7638))} t^{[1 + (-0.7638)]}$$

$$Z = 4.585 t^{0.2362}$$

وباستخدام هذه المعادلة نعوض عن قيمة t من العمود رقم ٣ فنحصل على قيم العمود رقم ١٠ التي يمكن مقارنتها بقيم العمود رقم ٩ والمتحصل عليها من معادلة Z لتوفيق منحني البيانات لما قيم العمود رقم ١٠ فهي لمعادلة Z الناتجة من تكامل معادلة معدل التسرب.

ويلاحظ هنا أننا استخدمنا برنامج الأكسل Excel لتحليل بيانات التجربة والحصول على معادلة معدل التسرب ومعادلة التسرب التراكمي بدلاً من توقيع البيانات على الرسم البياني اللوغاريتمي والحصول على ثوابت المعادلة كما كان يتم في السابق

حيث أن الكمبيوتر الشخصي أصبح الآن متاح للغالبية العظمى وفي جميع الأماكن والمنازل.

وفي الجدول السابق تم إيجاد التنبؤ بقيم عمق التسرب التراكمي في الخانة الأخيرة من الجدول من تكامل معادلة معدل التسرب كما يلي

$$dz/dt = 1.0883t^{(-0.7638)}$$

$$dz = 1.0831t^{(-0.7638)}dt$$

$$z = 1.0831 / (1 + (-0.7638)) t^{(1 + (-0.7638))}$$

$$z = 4.585t^{.2362}$$

مثال ١: أحسب أقل تصرف يمكن استخدامه لري مساحة ١ فدان غمرا إذا كانت التربة لوميه رملية ومعدل التسرب الأساسي المتوسط لها ١٩ مم / ساعة. إذا استخدم هذا التصرف لري الفدان في زمن ٤ ساعات كل أسبوع وكانت كفاءة إضافة المياه ٦٥% فأحسب أقصى استهلاك مائي يومي يمكن الحصول عليه.

$$Q \times T = A \times dg$$

$$Q = A \times \frac{dg}{T}$$

$$\dot{Q} = A \times I$$

$$Q = 4200 \text{ m}^2 \times 19 \frac{\text{mm} \times \text{m}}{1000 \text{ mm} \times \text{hour}} = 80 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$dg = I \times T$$

$$dg = 19 \frac{\text{mm}}{\text{hour}} \times 4 \text{ hours} = 76 \text{ mm}$$

$$dn = dg \times Ea$$

$$dn = 76 \times 0.65 = 49.5 \text{ mm}$$

$$ET_c = \frac{dn}{F} = \frac{49.5 \text{ mm}}{7 \text{ days}} \cong 7 \text{ mm} / \text{day}$$

مثال ٢- في عملية ري سطحي لحوض طوله ١٠٠ متر وعرضه ٤٠ متر وجد أن الفرق في الزمن بين وصول موجة المياه لنهاية الحوض وأنحسارها هو ٣ ساعات وأن زمن الري عند بداية الحوض هو ٤ ساعات بفرض أنحسار المياه عند بداية الحوض بمجرد قطع المياه. فإذا كان الظلمة المستعملة في رفع المياه تعطى تصرف ٣٠ لتر / ث وأن معادلة عمق الماء $Z = 5.3\sqrt{T}$

المتسرب في التربة هي كما هو مبين

حيث Z عمق الماء المتسرب بالمم T الزمن بالدقيقة فأحسب معايير أداء الري الآتية Ea, Du, DPr, AR فإذا كانت السعة الحقلية للتربة ١٨% ونسبة الذبول ٨% وعمق منطقة الجذور ٩٠ سم وكثافة التربة النسبية ١,٥ فأوجد نسبة استنفاد الرطوبة في التربة Depletion وكذلك الفيرة بين الريات إذا علمت أن الاستهلاك المائي للمحصول ٥ مم/يوم.

الحل

فى هذه المسألة نجد أن زمن بقاء المياه فوق سطح الأرض عند بداية الحوض هو ٤ ساعات وان بقائها عند نهاية الحوض ٣ ساعات ولمعرفة عمق الماء المتسرب عند بداية ونهاية الحوض نقوم بالتعويض فى معادلة التسرب المعطاه كمايلي

$$Z = 5.3\sqrt{T}$$

$$Z_u = 5.3\sqrt{4 \times 60} = 82.1mm$$

$$Z_L = Z_{req} = 5.3\sqrt{3 \times 60} = 71.1mm$$

$$Q_u = \frac{Q}{w} = \frac{30 \times 3.6m^3/h}{40m} = 2.7m^2/h$$

$$E_a = \frac{Z_{req} \times L}{Q_u \times T_{co}}$$

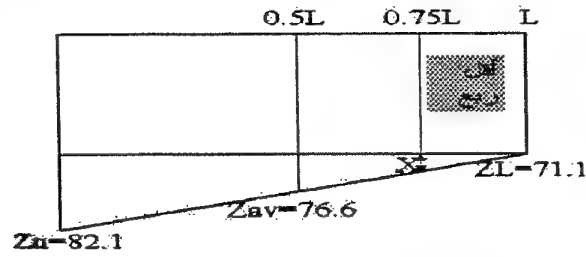
$$E_a = \frac{\frac{71.1}{1000} \times 100}{2.7 \times 4} = 0.658$$

حصلنا من معادلة التسرب على عمق الماء المتسرب Z_u عند بداية الحوض ، Z_L عند نهاية الحوض وللحكم على تجانس توزيع المياه المتسربة نفترض أن توزيعها خطى حيث لايتوافر لدينا أية قراءات أخرى توضح شكل التوزيع وباستخدام النسبة والتناسب أو تشابه المثلثات يمكن الحصول على متوسط العمق المتسرب فى الربع الأخير من الحوض كما يلي

$$\frac{1}{4} = \frac{X}{82.1 - 71.1}$$

$$X = 2.75mm$$

$$DU = \frac{Z_{lq}}{Z_{av}}$$



$$Du = \frac{71.1 + \frac{2.75}{2}}{\frac{82.1 + 71.1}{2}} = \frac{72.475}{76.6} = 0.946$$

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |z_i - Z_{av}|}{n \times Z_{av}}$$

فى بعض الأحيان يتم استخدام تعبير مقابل لمعامل الانتظام ومكافئ له يطلق عليه كفاءة التوزيع (Ed) Distribution Efficiency (Ed) وبذلك يكون $CU = Ed$

$$Ed = 1 - \frac{y}{d}$$

$$y = \frac{\frac{82.1 - 76.6}{2} + \frac{76.6 - 71.1}{2}}{2} = 2.75$$

$$Ed = 1 - \frac{2.75}{76.6} = 0.964$$

حيث $d = Z_{av}$ تساوى متوسط الأعماق المتسربة ، y متوسط مجموع الانحرافات المطلقة عن المتوسط.

$$D_{pr} = \frac{L(Z_{av} - Z_{req})}{Q_u \times T_{co}}$$

$$D_{pr} = \frac{100 \times \frac{76.6 - 71.1}{1000}}{2.7 \times 4} = 0.051 = 5.1\%$$

$$AR = \frac{T_L}{T - T_L}$$

$$AR = \frac{1}{4 - 1} = 0.33$$

$$dn = \frac{FC - PWP}{100} \times \gamma_b \times D \times depletion$$

$$71.1 = \frac{18 - 8}{100} \times 1.5 \times (0.9 \times 1000) \times depletion$$

$$depletion = 0.53$$

$$F = \frac{dn}{ETc} = \frac{71.1}{5} = 14 \text{ days}$$

مثال ٣- تم تحويل تصرف ١٠٠ لتر/ث من ترعة توزيع يصل منها ٨٥ لتر/ث للحقل فإذا كان الزمن اللازم للري هو ٥ ساعات وعمق منطقة الجذور ١,٨ متر ومتوسط الفائض السطحي ٤٠ لتر/ث ويستمر لمدة ٢,٥ ساعة احسب:- كفاءة نقل المياه - كفاءة إضافة المياه - كفاءة تخزين المياه - كفاءة توزيع المياه إذا علمت أن عمق تخلل المياه داخل التربة يتوزع خطياً من ١,٨ م عند رأس الحقل الى ١ م عند نهاية الحقل.

الحل

$$Ec = \frac{\text{water delivered}}{\text{water diverted}} = \frac{85}{100} = 0.85$$

$$Ea = \frac{\text{water stored}}{\text{water delivered}} = \frac{\text{delivered} - \text{runoff}}{\text{delivered}}$$

$$Ea = \frac{85 \times 5 - 40 \times 2.5}{85 \times 5} = 0.765$$

$$Es = \frac{\text{water stored}}{\text{water needed}} = \frac{Z_{av}}{Z_{root}} = \frac{\frac{1.8 + 1.0}{2}}{1.8} = 0.778$$

$$Ed = 1 - \frac{y}{d}$$

$$d = \frac{1.8 + 1.0}{2} = 1.4 \text{ m}$$

$$y = \frac{\frac{0.4 + 0}{2} + \frac{0.4 + 0}{2}}{2} = 0.2$$

$$Ed = 1 - \frac{0.2}{1.4} = 0.86 = 86\%$$

العلاقة بين زمن تقدم موجة المياه ومعدل التسرب (النفاذية) والتسرب العميق

في عملية الري السطحي يتم إضافة المياه عند بداية الحقل وبذلك تبدأ المياه في التسرب والنفاذية خلال التربة إلى أن تصل موجة المياه لنهاية الحقل وبذلك يكون قد تسرب للتربة عمق مياه يصل إلى أقصاه عند بداية الحقل بينما يصل إلى الصفر عند نهاية الحقل وبعد ذلك تبدأ المياه في التسرب خلال التربة عند نهاية الحقل إلى أن تبدأ المياه في الاختفاء عند بداية الحقل ويكون قد تسرب للتربة عمق مياه قدره D_u بينما يكون قد وصل عند اختفاء المياه عند نهاية الحقل D_L وحيث أن D_u أكبر من D_L بسبب زيادة زمن فرصة تسرب

المياه عند بداية الحقل عنها عند نهاية الحقل بمقدار زمن تقدم موجة المياه من بداية الحقل إلى نهايته.

ولإيجاد عمق الماء المتسرب سواء عند بداية الحقل أو نهايته تستخدم معادلة التسرب فى التربة infiltration والمتحصل عليها من تجربة الاسطوانة المزدوجة وهى:

$$d = k t^n$$

حيث: d : عمق ماء التسرب التراكمى

t : زمن التسرب

k , m : ثوابت المعادلة

وتؤخذ قيمة الأس m تساوى 0.5 فى بعض الأحيان لتسهيل التحليل وسوف نفترض أيضا أن منحنى تقدم المياه فى خط مستقيم وأن منحنى الانحسار أيضا خطى.

وسوف نقوم بالتحليل على فرض أن موجة المياه تصل لنهاية الحقل فى ٤/١ الزمن المطلوب لتسرب المياه عند نهاية الحقل أى $t = t_n$ أى أن زمن وصول المياه لنهاية الحقل t_n تساوى.

$$t_n = \frac{t_a}{4}$$

وبالتعويض فى معادلة تسرب المياه عن زمن التسرب t_n تحصل على عمق الماء المتسرب D_L وبالتعويض عن زمن التسرب $\frac{5}{4} t_n$ نحصل على عمق الماء المتسرب عند بداية الحقل D_u . وبتعريف متوسط الفاقد فى التسرب العميق

$$\text{average deep percolation depth} = \frac{D_u - D_L}{2}$$

ومتوسط عمق الماء المتسرب

$$\text{average inf inf iltration depth} = \frac{D_u + D_L}{2}$$

يكون النسبة المئوية للفاقد فى التسرب العميق

$$\text{percent deep percolation loss} = \frac{D_u - D_L}{D_u + D_L} \times 100$$

وبالتعويض عن قيمة D_u ، D_L الناتج من معادلة التسرب

$$D_L = k \sqrt{t_n}$$

$$D_u = k \sqrt{\frac{5}{4} t_n}$$

$$\begin{aligned} \%DP \text{ loss} &= \frac{k \sqrt{\frac{5}{4} t_n} - k \sqrt{t_n}}{k \sqrt{\frac{5}{4} t_n} + k \sqrt{t_n}} \times 100 \\ &= \frac{\sqrt{\frac{5}{4}} - 1}{\sqrt{\frac{5}{4}} + 1} \times 100 = \frac{\sqrt{5} - 2}{\sqrt{5} + 2} \times 100 \\ &= 5.57 \% \end{aligned}$$

ويمكننا بنفس الطريقة إيجاد النسبة المئوية للفاقد بالتسرب العميق %DP

$$\text{loss على فرض أن موجة المياه تصل إلى نهاية الحقل فى زمن } t_a = \frac{T_a}{3}$$

فنجدها بعد التعويض بنفس الطريقة تساوى ٧,٢% وهكذا بالرغم من أن هذه العلاقات وصفت أساساً لنظام الري بالخطوط إلا أنه يمكن استخدامها للأشكال الأخرى لنظم الري السطحي.

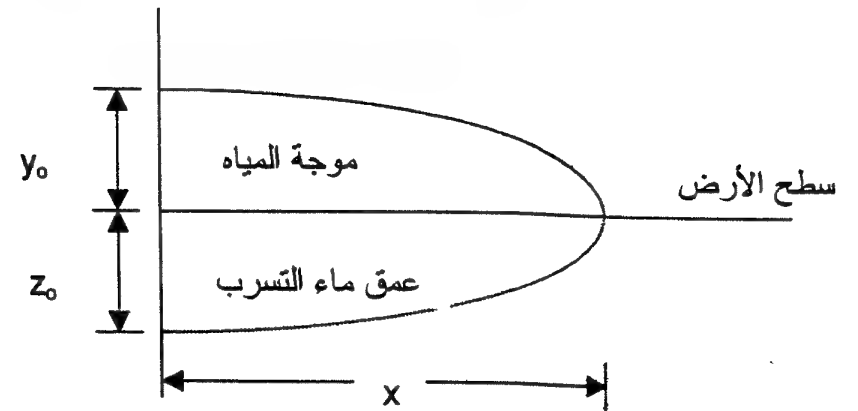
هيدروليكا الري السطحي

Surface Irrigation Hydraulics

يعتبر سريان المياه فوق سطح الأرض خلال الري السطحي متغير وليس منتظماً حيث يقل تصرف المياه مع المسافة نتيجة وجود تسرب للمياه خلال التربة ويعتبر أيضاً غير مستقر حيث أنه متغير مع الزمن ولذلك فإن محاولة وصف السريان في الري السطحي تخضع لمعادلات تفاضلية تتغير مع كل من المسافة والزمن لذلك فسوف نكتفى هنا بشرح معادلة التوازن الحجمي volume balance equation لوصف هيدروليكا الري السطحي.

معادلة التوازن الحجمي

Volume balance equation



تنص معادلة التوازن الحجمي على أن الحجم المضاف بواسطة التصريف q عند بداية الحقل خلال زمن t يساوى حجم الماء الموجود فوق سطح التربة

والمتمثل في حجم موجة المياه بالإضافة إلى حجم الماء المتسرب خلال التربة كما يلي:

$$q \cdot t = \bar{y} \cdot x + \bar{z} x$$

حيث: q : التصريف عند بداية الحقل لوحدة العرض.

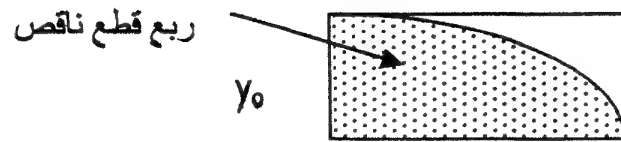
t : زمن فتح المياه.

\bar{y} : متوسط عمق موجة المياه فوق سطح التربة.

x : مسافة تقدم موجة المياه مقاسة من بداية الحقل.

\bar{z} : متوسط عمق الماء المتسرب خلال التربة.

وحيث أنه يمكن إيجاد عمق تصرف المياه عند بداية الحقل y_0 مباشرة من معادلة مانينج التي تصف السريان في القنوات المكشوفة (المجرى المائي) ويعتبر هذا العمق هو أقصى عمق للمياه حيث أن يتناقص كلما ابتعدنا عن بداية الحقل نتيجة تسرب جزء من المياه خلال التربة ولإيجاد عمق الماء المتوسط فوق سطح التربة بمعلومية y_0 يمكن فرض شكل موجة المياه على أنها ربع قطع ناقص كما في الشكل:



وبذلك يمكن إيجاد قيمة معامل الشكل σ_y shape factor على أنه نسبة مساحة ربع القطع الناقص إلى مساحة المستطيل كما يلي:

$$\sigma_y = \frac{\frac{\pi}{4} y_0 \cdot x}{y_0 \cdot x} = 0.77$$

$$\bar{y} = \sigma_y \cdot y_0 = 0.77 y_0$$

أما متوسط عمق الماء المتسرب خلال التربة \bar{z} فنحصل عليه بإجراء التكامل لمعادلة التسرب كما يلي:

$$z = k t^m$$

$$\int_0^t z \cdot dt = \int_0^t k t^m \cdot dt$$

$$\bar{z} \cdot t = \frac{k t^{m+1}}{m+1}$$

$$\bar{z} = \frac{k t^m}{m+1} = \frac{z_0}{m+1}$$

حيث أن أقصى عمق للماء المتسرب z_0 يحدث عند بداية الحقل حيث أن زمن التسرب يكون أقصى ما يمكن لأن زمن تقدم موجة المياه يساوى صفراً عند بداية الحقل وبالتالي فإن زمن التسرب يبدأ بمجرد فتح المياه أى يساوى t وبأخذ القيمة التقليدية للأس $m = 0.5$ فإن:

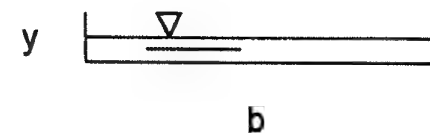
$$\bar{z} = \frac{z_0}{0.5+1} = 0.67 z_0 \quad \therefore \sigma_z = 0.67$$

أى أن قيمة معامل الشكل لعمق الماء المتسرب σ_z تساوى ٠,٦٧ وبالرجوع مرة أخرى إلى طريقة إيجاد أقصى عمق لماء الري عند بداية الحقل y_0 من

معادلة مانينج Manning's equation

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

وتطبيقها على المجرى المتسع wide channel كما بالرسم



حيث: Q : التصريف المار بالمجرى (م^٣/ث).

S : الميل الطولى للمجرى (لتر/متر) أو انحدار الأرض فى اتجاه السريان.

A : مساحة مقطع السريان (م^٢)

n : خشونة سطح الأرض (معامل مانينج) وقد يتراوح بين ٠,٢٥ و ٠,٥٤

R : نصف القطر الهيدروليكي (م) وهو يساوى مساحة مقطع السريان مقسوماً على المحيط المبتل للسريان P أى

$$R = \frac{A}{P} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

وحيث أنه فى المجرى المتسع يكون عمق السريان صغيراً جداً بالمقارنة بعرض المجرى المائى فإن فى حالة المجرى المتسع يكون $R = y$.

وغالباً فى الري السطحي يعبر عن التصريف بالتصريف لوحدة العرض أى $Q = q \cdot b$ وبالتعويض فى معادلة مانينج.

$$q \cdot b = \frac{1}{n} (b \cdot y) (y)^{2/3} s^{1/2}$$

$$y_0 = \left(\frac{q \cdot n}{s^{1/2}} \right)^{0.6}$$

وبالرجوع مرة ثانية إلى معادلة الاتزان الحجمى والتي يمكن وضعها على الصورة الآتية

$$x = \frac{q \cdot t}{\sigma_y \cdot y_0 + \sigma_z \cdot z_0}$$

$$x = \frac{q \cdot t}{\sigma_y \cdot \left(\frac{q \cdot n}{s^{1/2}} \right)^{0.6} + \sigma_z \cdot (k t^m)}$$

والمعادلة السابقة فى منتهى الأهمية فى الري السطحي حيث أنها تصف منحني تقدم موجة المياه وعن طريقها يمكن توقع هذا المنحني أى إيجاد موقع موجة المياه عند الأزمنة المختلفة (x, t) أو يمكن إيجاد زمن وصول موجة المياه إلى نهاية الحقل أى بالتعويض عن طول الحقل x. وإيجاد زمن وصول موجة المياه t.

ومن المعادلة السابقة أيضا يتضح أن منحني التقدم يتأثر بالعوامل

الآتية

$$q, s, n, z = k t^m$$

وعلى ذلك فإن الحالات التى تساهم فى زيادة سرعة تقدم موجة المياه فى الري السطحي هي:

- ١- زيادة التصريف Large flow rate
- ٢- انخفاض تسرب المياه فى التربة Low intake soil
- ٣- نعومة سطح التربة Smooth soil surface
- ٤- زيادة انحدار سطح التربة Steep field slopes

مثال:

فى نظام ري بالأحواض كانت معادلة التسرب التراكمي $z = 2.8 t^{0.67}$ حيث z عمق التسرب المم، t الزمن بالدقيقة وكانت نسبة التقدم $AR = 0.28$ والمقابلة لكفاءة إضافة مياه ٩٠% وكان عمق ماء الري الصافي

المطلوب عند نهاية الحوض ١٠٠ مم وكانت قيمة الخشونة والتصريف لوحدة العرض والميل تساوى

$$n' = 0.15 \quad q = 0.005 \text{ m}^2/\text{s} \quad , \quad s = 5 \text{ cm/ } 100 \text{ m}$$

والمطلوب إيجاد:

- زمن فرصة التسرب لعمق ماء الري الصافي.
- زمن تقدم موجة المياه.
- طول الحوض.
- زمن إضافة المياه.

الحل

$$z = 2.8 t^{0.67}$$

$$t_n = \left(\frac{100}{2.8} \right)^{\frac{1}{0.67}} = 207.8 \text{ min}$$

$$AR = \frac{t_i}{t_n} \quad 0.28 = \frac{t_i}{207.8}$$

$$\therefore t_i = 58.18 \text{ min}$$

$$\sigma_z = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{0.67+1} = 0.6$$

$$L = \frac{q \cdot t}{\sigma_y \cdot \left(\frac{q \cdot n}{s^{1/2}} \right)^{0.6} + \sigma_z \cdot (k t^m)}$$

$$= \frac{0.005 \times 58.15 \times 60}{0.77 \left(\frac{0.005 \times 0.15}{\sqrt{0.0005}} \right)^{0.6} + 0.6 \times 2.8 (58.18)^{0.67}}$$

$$L = 138.53 \text{ m}$$

زمن إضافة المياه T_a

$$T_a = \frac{d_n \cdot L}{q \cdot E_a}$$

$$= \frac{(100/1000) \times 138.53}{0.005 \times 60 \times 0.90} = 51.3 \text{ min}$$

وبذلك يتضح أن للحصول على كفاءة إضافة مياه قدرها ٩٠% يجب قطع المياه بعد زمن ٥١ دقيقة أى قبل زمن وصول موجة المياه لنهاية الحوض وهو ٥٨ دقيقة أو يمكن القول بأنه تقريباً يتم قطع المياه عند وصول موجة المياه لنهاية الحوض بحيث يكون زمن إضافة المياه كافياً لإضافة عمق ماء الري الصافي المطلوب وهو فى هذه الحالة ١٠٠ مم

مشروع تطوير الري فى الأراضي القديمة Irrigation Improvement Project

مشروع تطوير الري هو برنامج متكامل من الساقى المبطنة المرفوعة أو خطوط المواسير مع استخدام نقطة رفع واحدة فى بداية المسقى - single point lifting وتدار المسقى بواسطة اتحاد مستخدمي المياه (روابط المياه على المسقى) water user's Associations WUAs مع إلغاء نظام المناوبات وإطلاق المياه فى الترع بصفة مستمرة Continuous flow وتشكيل إدارة للتوجيه المائي تابعة لوزارة الري.

وبناء على ذلك فإن مشروع تطوير الري يقوم بعمل الآتي:

- ١- تحويل نظام المناوبات إلى نظام إطلاق المياه بصفة مستمرة فى الترع وذلك للقضاء على الآثار السلبية لنظام المناوبات.
- ٢- للتأكيد على وجود المياه بصفة مستمرة والحفاظ على مستوى مياه ثابت فى الترع يتم استخدام بوابات تحكم أوتوماتيكي Downstream gate control وذلك للحصول على مستوى مياه ثابت فى الخلف.
- ٣- إنشاء مساقى مبطنة مرفوعة على شكل حرف U يطلق عليها -J section أو مواسير ذات محابس Alfalfa valves وذلك كما فى الشكل بحيث يتم رفع المياه من ترعة التوزيع بواسطة مضخة للمسقى عند بداية أى عند نقطة واحدة بدلا من استخدام كل مزارع مضخة خاصة به بحيث يقوم بتشغيل المضخة عامل (مشغل) يتم تشغيله عن طريق اتحاد مستخدمي المياه الذي يتم تشكيله على المسقى. فعندما يريد المزارع ري أرضه يقوم بدفع فنة سعريه متفق عليها لمشغل الماكينة (٨ جنيه للفدان مثلا) وعلى ذلك يقوم المشغل بتشغيل الماكينة ويقوم المزارع بفتح بوابة على المسقى المبطنة أو المحبس فى حالة المواسير ويقوم المشغل بشراء السولار والزيوت لتشغيل الماكينة ويتم وضع المتبقي منه فى حساب بالبنك باسم الاتحاد وذلك بعد دفع أجره مشغل الماكينة وصيانة الماكينة على أساس أنه يمكن إحلال الماكينة من وديعة البنك.
- ٤- يتكون من نظام المساقى المرفوع من الشبكة الماتعة للأعشاب Trash Rack على ترعة التوزيع وفم المسقى تم بيارة الطلمبة ثم الطلمبة

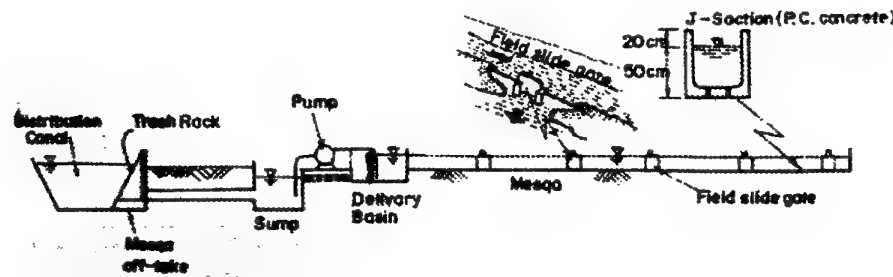


Fig. 1 : Offtake , Pump station , and Raised Mesqa of Irrigation Improvement Project .
مقياس مقياس

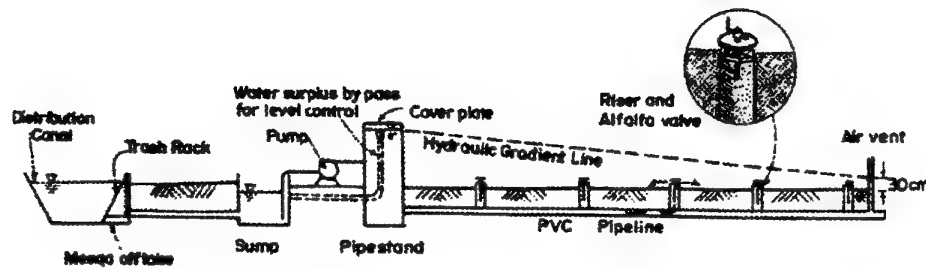


Fig. 2 : Offtake , Pump station , and Pipeline Mesqa of Irrigation Improvement Project .
مواشير مرفوعة ناء عابسة

والماوى ثم حوض الطرد ثم المسقي المرفوع المركب عليها البوابات عند رأس الحقول أو المراوى ويلاحظ وجود حاجز بارتفاع ثابت داخل حوض الطرد وذلك للمحافظة على مستوى ثابت للمياه في الحوض وعند زيادة مستوى المياه تعود المياه لحوض المص (البيارة) مرة ثابتة (الفائض) وذلك للمحافظة على المسقي.

٥- يتكون نظام خط المواسير من شبكة الأعشاب وماخذ المسقي ثم بيارة السحب والمضخة والماوى ثم خزان الطرد pipe stand الذي يحافظ على ارتفاع المياه ثابت داخله عند ٢ متر تقريبا وهذا الضاغط هو اللازم للتغلب على الاحتكاك داخل خط المواسير وإكساب المياه طاقة الحركة اللازمة للسريان وهذا الخزان مزود أيضا بماسورة فائض للمحافظة على مستوى ثابت من المياه داخله بحيث يتسرب الفائض عن هذا المستوى ليعود إلى بيارة السحب ثانية.

ويلاحظ أيضا تزويد نهاية خط المواسير والمناطق المرتفعة بالطبع بماسورة تهوية وذلك لخروج الهواء من الخط وعدم تكون جيوب هوائية تقلل سريان المياه وامتلا مقطع الماسورة بالكامل.

١١

نظم الري بالرش

Sprinkler Irrigation Systems

ترتكز فكرة الري بالرش على محاكاة تساقط الأمطار وذلك عن طريق دفع المياه تحت ضغط من خلال فتحات أو رشاشات للجو في صورة رذاذ فتنتشر ثم تسقط على هيئة قطرات فوق سطح التربة لتصل بمنطقة الجنور الى المحتوى الرطوبي المرغوب. وتولد الضغوط التي تدفع بواسطتها المياه في مواسير شبكة الرش بواسطة مضخات (طلمبات).

- تعريف نظام الري بالرش what is a functional definition of sprinkler system؟ هو إضافة وتوزيع المياه على هيئة رذاذ أو تيار مياه يتم تقنيته إلى قطرات بفعل اندفاع المياه تحت ضغط من فوهة (قونية) الرشاش (orifice (nozzle

ويفضل استخدام الري بالرش في حالة الأراضي التي تحتاج الى تكاليف مرتفعة لأجراء عمليات التسوية وفي حالة عدم توافر مياه الري أو ارتفاع تكاليف توفيرها وأيضا يستخدم الري بالرش في الأراضي الرملية الخفيفة سريعة النفاذية والتي لا تحتفظ بالرطوبة عند إنتاج محاصيل ذات كثافة نباتية عالية.

مميزات الري بالرش :

- ١- يمكن استخدام المصدر المائى ذو التصريف القليل المستمر بكفاءة عالية.
- ٢- يمكن التخلص من مشاكل الجريان السطحى والنحر.
- ٣- يمكن ري الاراضى الغير متجانسة بسهولة.
- ٤- يمكن ري الاراضى غير العميقة والتي لا يمكن ريهها بدون تسوية.
- ٥- يمكن ري الاراضى ذات الطبوغرافية الوعرة بدون تسوية.
- ٦- الحصول على الريات الخفيفة المتكررة بكفاءة عالية.
- ٧- قلة العمالة المستعملة وذلك لاستخدامها فترة قليلة من اليوم.
- ٨- التوفير فى كمية المياه وذلك عن طريق التحكم الكامل فيها ونقلها عبر مواسير وبذلك تقضى على الرشح الذى يحدث عند استعمال التقنيات المكشوفة.

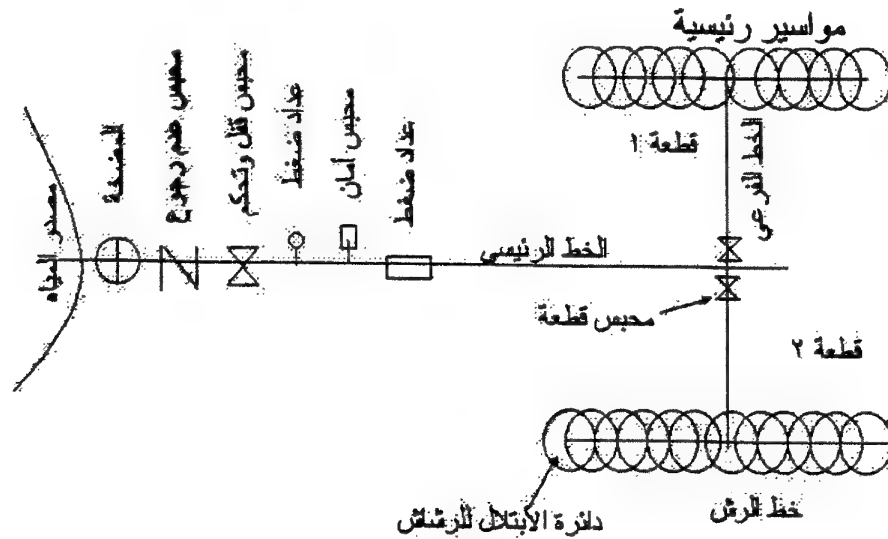
عيوب الري بالرش :

- ١- يحتاج الى رأس مال كبير وذلك حسب نوع النظام.
- ٢- يلزم لتشغيله ضخ المياه تحت ضغط مناسب وهذا يضيف أيضا تكاليف الطاقة لتشغيله.
- ٣- يحتاج الى مصدر مائى مستمر التصريف، وفى حالة عدم استمرارية يلزم انشاء خزان.
- ٤- لا ينصح باستعماله فى حالة الاراضى الثقيلة والتي يصل فيها معدل تسرب المياه الى أقل من ٣ مم/ساعة.
- ٥- تنخفض كفاءة الري بالرش فى المناطق المكشوفة حيث الرياح الشديدة والجو الجاف حيث الحرارة العالية والرطوبة المنخفضة.
- ٦- يحتاج الى أرض منتظمة الشكل كأن تكون على شكل مربع أو مستطيل أو دائرة.

- ٧- تؤثر العادات الانسانية فى تصميمه وتشغيله مثل عدد ساعات التشغيل اليومية واثناء العطلات وإيقاف النظام أو تشغيله أو نقله اثناء الليل.
- ٨- فى حالة المياه التى بها نسبة ملوحة قد تمتص أوراق بعض المحاصيل الأملاح.

أجزاء شبكة الري بالرش :

تتكون شبكة الري بالرش من الرشاشات التى تحملها مواسير فرعية على مسافات مناسبة وتدفع المياه داخل المواسير من طلمبة أو مضخة خلال



مكونات شبكة ري بالرش

المكونات الأربعة لنظام الري بالرش What are four types of

units included in sprinkler irrigation system

- | | |
|--------------|-----------------|
| المضخة | ١ - المضخة |
| الخط الرئيسى | ب- الخط الرئيسى |
| خط الرش | ج- خط الرش |
| المضخة | Pump |
| الخط الرئيسى | Mainline |
| خط الرش | lateraline |

د- الرشاشات

Sprinklers

- طريقة تغذية نظام الرش بالمياه How is water delivered to the system؟ يتم إمداد نظام الري بالمياه تحت الضغط اللازم لتوزيع المياه وتشغيل الرشاش بواسطة المضخات (الطلمبات) pumps.

- كيف يختلف الري بالرش عن الري السطحي؟ How do sprinkler irrigation system differ from surface irrigation system

أ- يصمم الري بالرش لإمداد الحقل بالمياه بدون الاعتماد على سطح التربة في توصيل وتوزيع المياه كما هو الحال في الري السطحي.
ب- لتتلاقى ركود المياه وجريانها فوق سطح التربة تصمم الرشاشات وتوضع على مسافات لإضافة المياه بمعدل لا يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة.

- معدل الرش المفضل استخدامه. What are preferable application rates for sprinkler systems? Why

أ- معدل الرش أقل من معدل تسرب المياه في التربة.
ب- وذلك لتقليل التأثير الضار للرش على بناء سطح التربة structural damage to soil surface وأيضاً لتحفيز أو المحافظة على تهوية التربة soil aeration.

- يزيد الفاقد من المياه وتتأثر كفاءة إضافة المياه بما يلي: What are water application efficiencies effected by

أ- الرياح وخاصة خلال النهار عندما يكون الهواء دافئ وجاف
ب- إذا كانت قطرات الرش صغيرة ومعدل الرش منخفض.

- تعتمد كفاءة توزيع المياه على: Water application uniformity depends upon what?

تجانس أو انتظام توزيع المياه من الرشاشات وليس على خواص التربة طالما أن معدل الرش لا يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة.

الرشاشات Sprinklers

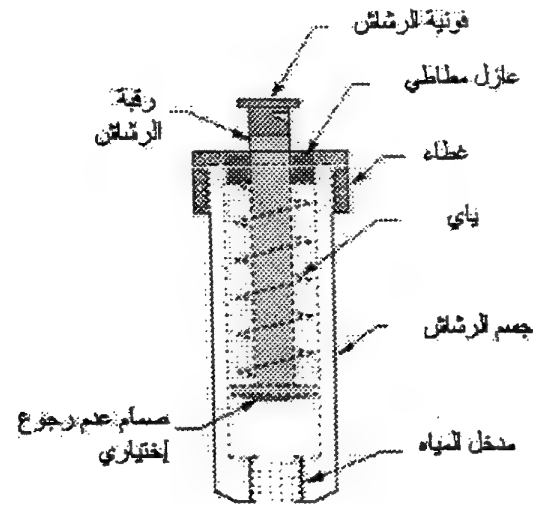
قد تقسم الرشاشات حسب الغرض من استعمالها الي رشاشات زراعية ورشاشات مسطحات خضراء Landscaping. وتقسم الرشاشات للزراعية بدورها الي نوعين حسب طريقة عملها رشاشات دوارة Revolving or Fixed or Rotating or Impact sprinkler ورشاشات ثابتة Spray Sprinkler. أما رشاشات المسطحات الخضراء فتقسم الي نوعين أيضاً حسب طريقة عملها الي رشاش ثابت أو رذاذي Spray Head ورشاش دوار Rotor. والرشاش المتحرك أو الدوار دائماً يقوم برش دائرة أبتلال أكبر من الرشاش الثابت حيث أن الرشاش الثابت يعتمد في تقنيته لتيار المياه علي اصطدامه بقرص ثابت وبالتالي فضغط تشغيلة أقل أما للرشاش المتحرك فيستخدم ضغط المياه أولاً في تقنيته تيار المياه بفعل مقاومة الهواء والطررد المركزي وثانياً في حركة الرشاش حيث يصطدم تيار المياه الخارج من فتحة الرشاش بمطرقة hammer تتسبب في تحريكه مع ياي لمعاودة الحركة. ويوجد بعض الرشاشات الدوارة التي تستخدم في المسطحات الخضراء Rotor تلف بواسطة تروس بلاستيكية داخل الرشاش بفعل ضغط المياه أيضاً وللبعض الآخر يلف باستخدام المطرقة واليالي كما في الرشاشات الزراعية وتسمى الرشاشات الدوارة Impact or Rotating Sprinklers. ورشاشات المسطحات الخضراء قد تكون فوق سطح الأرض وقد تكون من

النوع القفاز Pop-up حيث يكون الرشاش مدفون تحت سطح الأرض في حالة عدم الري وعند الري يتسبب ضغط المياه في الضغط على الياي ورفع الرشاش فوق سطح الأرض أثناء الرش فقط وعلى ذلك لا يكون الرشاش عائق سواء أثناء عمليات الخدمة الميكانيكية كقص النجيل وخلافه أو في الملاعب بالإضافة الي الشكل الجمالي.

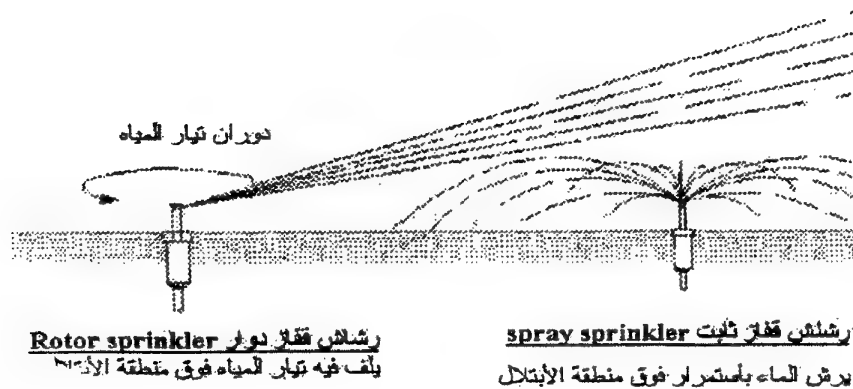
وتقسم الرشاشات عموما تبعا لتصرف الرشاش الي رشاشات منخفضة التصريف أقل من ١ م^٣/س ورشاشات متوسطة التصريف من ١ الي ٢ م^٣/س وأخيرا رشاشات مرتفعة التصريف أكبر من ٢ م^٣/س. وتقسم الرشاشات أيضا تبعا لضغط التشغيل الي رشاشات ضغط منخفض من ١,٥ الي ٢ بار ورشاشات ضغط متوسط من ٢ الي ٤ بار وأخيرا رشاشات ضغط مرتفع أكبر من ٤ بار. وقد تقسم الرشاشات أيضا تبعا لزاوية قذف أو خروج المياه منها Angle of water Jet الي رشاشات ذات زاوية منخفضة أقل من ١٢ درجة للرش تحت الأشجار ورشاشات ذات زاوية مرتفعة أكبر من أو تساوي ١٢ درجة للوصول الي مدى بعيد.

وقد سجل اختراع أول رشاش في الولايات المتحدة في ديسمبر ١٩٣٣ باسم Drton Englehart يصف فيه الرشاش الدوار بفعل الياي ونراع الإدارة "Spring activated horizontal impact arm driven sprinkler".

ويتكون الرشاش الدوار من فوهة أو أكثر تحمل على ماسورة رأسية تسمى حامل الرشاش Riser (بقطر ٠,٥ - ٧,٥ ر. أو ١ بوصة) ويكون ارتفاع الرشاش أعلى من سطح النبات الذي يقوم على خدمته والرشاش الدوار يدور حول محوره الراسي دورات متقطعة وقد يكون ذو فوهة واحدة أو فوهتين و يوضع عاكس hammer متحرك بواسطة زنبرك (سوسته) أمام إحد الفوهتين (الفوهة الأكبر قطرا) فتصطدم به المياه المندفعة من الفوهة فتتحرك الرشاش



أجزاء الرشاش القفاز Pop-up



حول المحور الراسي ونتيجة للصدمة يبتعد العاكس عند مخرج المياه بواسطة السوستة فتندفع المياه إلى أقصى مدى ممكن ثم يرتد ثانية وهكذا. والشكل (١) يوضح تركيب هذا الرشاش. في معظم الرشاشات العادية تتواجد فوهتين إحداها لرش المياه لمسافة بعيدة نسبيا عن مركز الرشاش وتسمى فوهة المدى والفوهة الثانية لتغطية المساحة القريبة من الرشاش بالرداذ وتسمى فوهة الانتشار ويجدير بالذكر أن الفوهة الكبرى قد تقوم بأداء الثلاثة مهام معا في

Sprinkler nozzle discharge m³/h

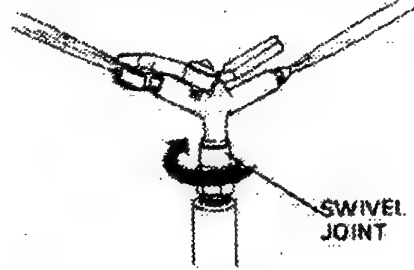
Pressure bar	Standard tapered nozzle diameter (mm)										
	2.5	2.8	3	3.2	3.7	4.1	4.4	4.9	5.4	6.1	7.1
1.5	0.28	0.35	0.40	0.45	0.61	0.75	0.86	1.07	1.30	1.65	2.24
2	0.32	0.40	0.46	0.53	0.70	0.86	0.99	1.23	1.50	1.91	2.59
2.5	0.36	0.45	0.52	0.59	0.79	0.96	1.11	1.38	1.67	2.13	2.89
3	0.39	0.49	0.57	0.64	0.86	1.06	1.22	1.51	1.83	2.34	3.17
3.5	0.42	0.53	0.61	0.69	0.93	1.14	1.31	1.63	1.98	2.52	3.42
4	0.45	0.57	0.65	0.74	0.99	1.22	1.40	1.74	2.12	2.70	3.66
4.5	0.48	0.60	0.69	0.79	1.05	1.29	1.49	1.85	2.24	2.86	3.88

$$C=0.9 \quad q=0.0113 d^2 \cdot h^{0.5}$$

Prof. Dr. Samir M. Ismail

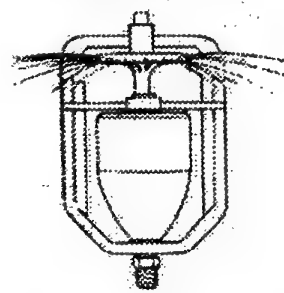
التقسيم الأساسي للرشاشات

ROTATING SPRINKLER



١- رشاشات دوارة

SPRAY NOZZLE

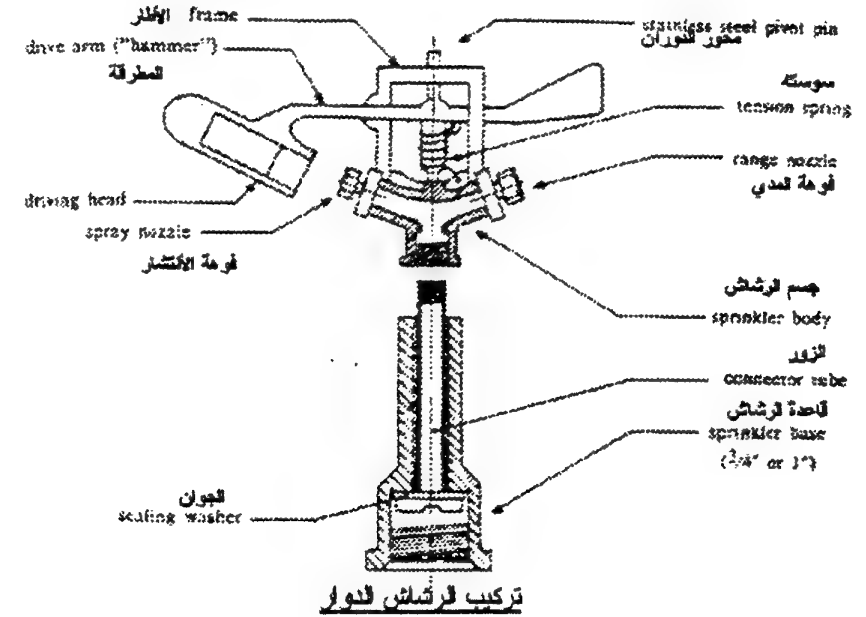


٢- رشاشات ثابتة

حجم القطرات

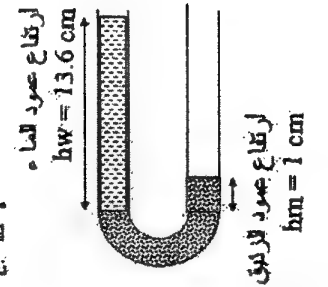
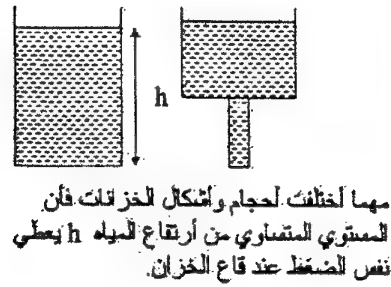
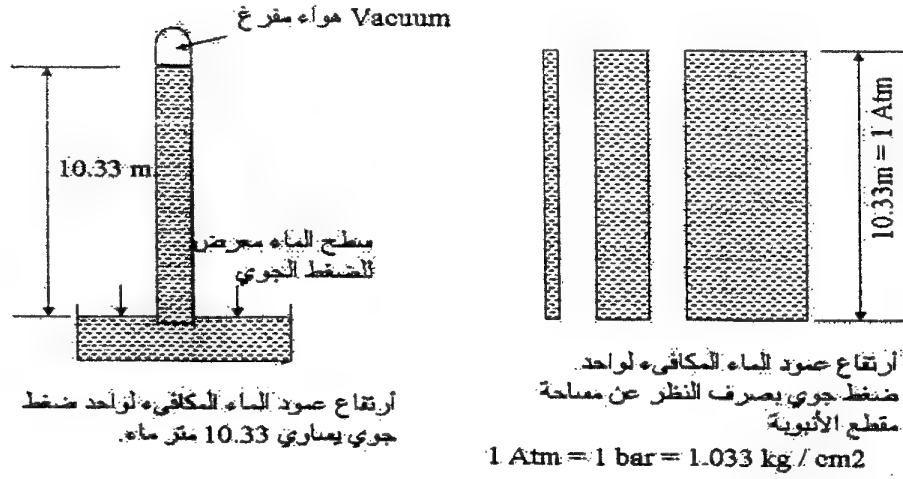
تنتج من الرشاشات عادة مدى واسع من أحجام القطرات التي تتوزع طبيعياً فيتراوح القطر بين (٠.٥ - ٤ مم) أما القطرات التي يزيد قطرها عن ذلك فتتميل إلى الانقسام إلى قطرات أقل حجماً بفعل مقاومة الهواء. وتتساقط القطرات الصغيرة عادة بالقرب من الرشاش بينما تقطع القطرات الأكبر مسافات أبعد لأنها تمتلك طاقة حركه أكبر ويمكن للقطرات الكبيرة أن تحدث

حالة الرشاش ذو الفوهة الواحدة فهي تقوم بتحريك الرشاش وتوزيع المياه في المساحة القريبة من الرشاش عند اصطدام تيار المياه الخارج منها بالمطرقة أما في الأوقات التي تبتعد فيها المطرقة عن تيار المياه فإنها توزع المياه في المساحة البعيدة عن الرشاش وبذلك فهي تعمل عمل فوهة المدى أيضاً. كما هو معروف أن أقصى مدى لإطلاق المقنوفات يتحقق على ميل ٤٥ درجة على الأفقي إلا أنه يعتبر أنسب ميل لزواوية انطلاق المياه من فوهة الرشاش عادة ٣٠ درجة أو أقل من ذلك للتقليل من تأثير الرياح على أنظام توزيع المياه الخارجة من الرشاش. والرشاشات للدوارة الشائعة في مصر والتي تقوم المصانع الحربية بحلوان بتصنيعها هي الرشاش RB70 والرشاش TNT30



Cross-section through a rotating impact sprinkler.

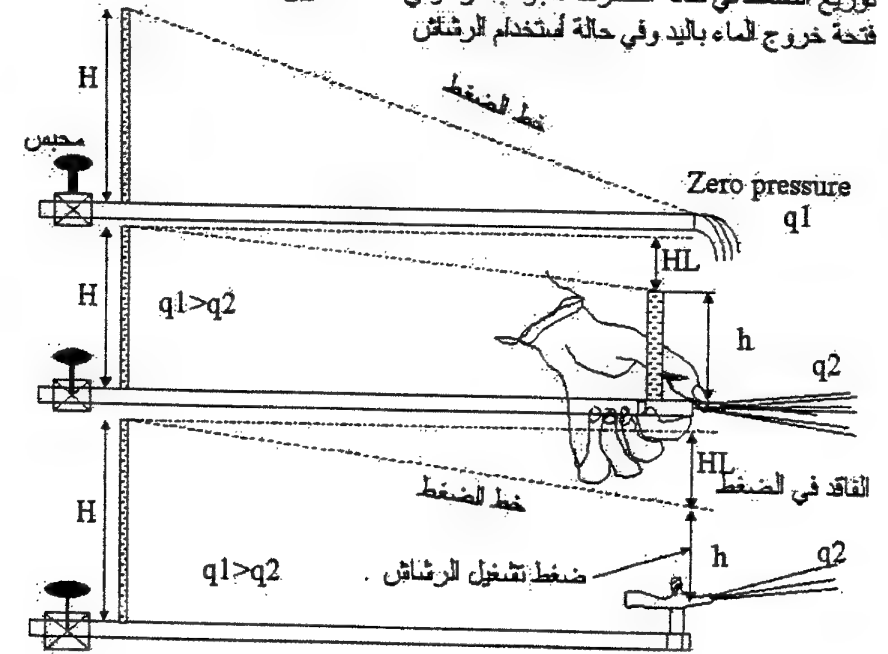
شكل (١) تركيب الرشاش الدوار



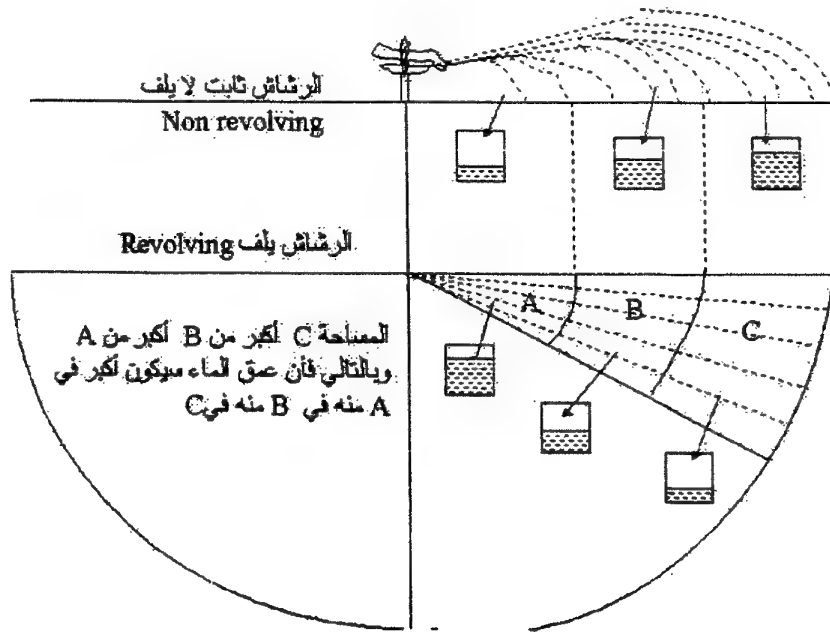
العلاقة بين ارتفاع الزيت والماء
فلاحظ أن الماء والزيت في حالة
اتزان حيث $hm = 13.6 hw$

التربة وذلك بتفتيت الطبقة السطحية مما يؤدي الى تناقص معدل تسرب المياه نتيجة تكون قشرة سطحية عازله ويجب في مثل هذه الحالات استخدام الرشاشات التي ينتج عنها قطرات صغيرة الحجم وذلك حتى تقلل من الضرر الناجم بقدر الإمكان.

توزيع الضغط في حالة التصريف للجو مباشرة وفي حالة تضيق فتحة خروج الماء باليد وفي حالة استخدام الرشاش

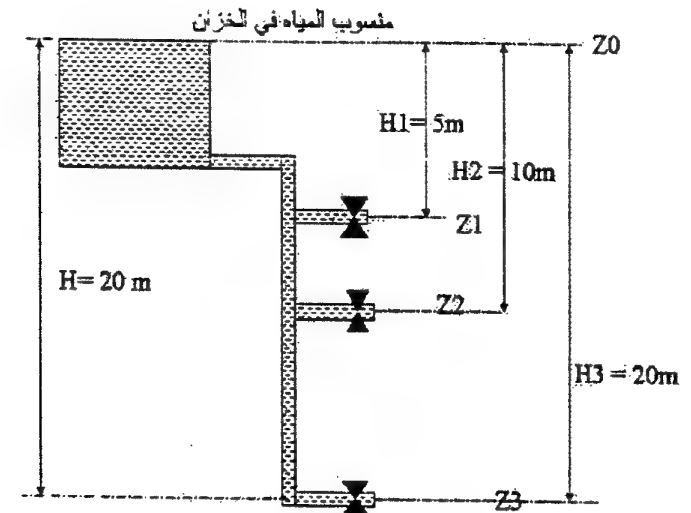


ويمكن التحكم في مدى أحجام قطرات المياه بواسطة قطر الفوهة وضغط تشغيل الرشاش فعندما يكون الضغط أقل مما يجب للرشاش فإن حجم القطرات يميل الى الأزدیاد أما إذا كان الضغط أكبر من اللازم فإن حجم القطرات يتناقص كثيراً حتى أنها قد تشكل رذاذاً يسهل انجرافه بواسطة الرياح.

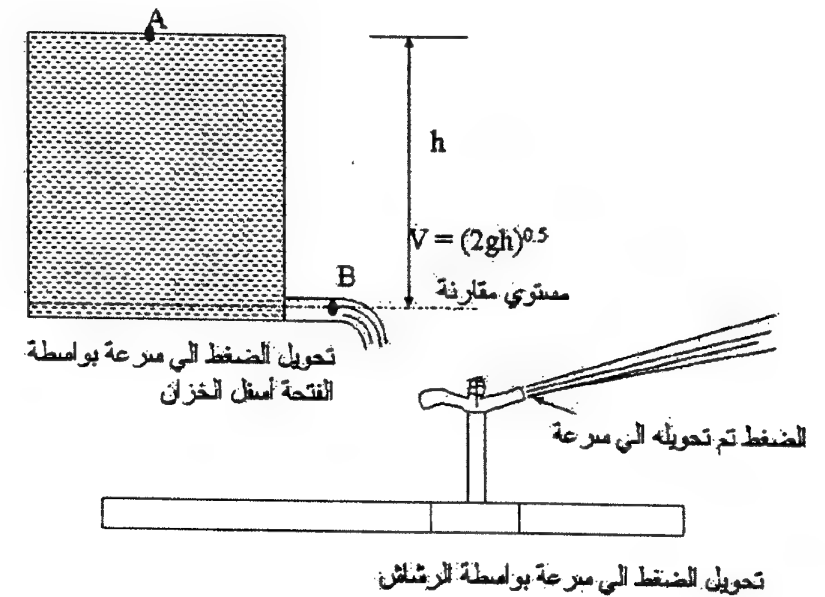


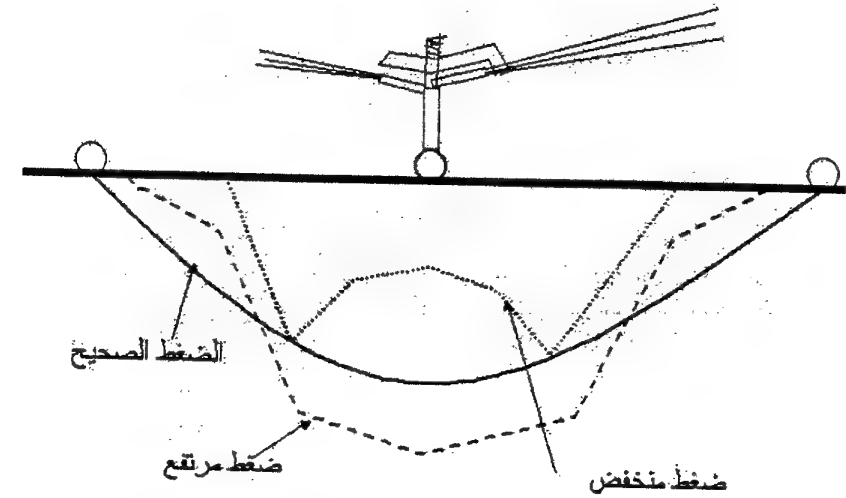
توزيع المياه

تتوزع المياه في دائرة البلل للرشاش بحيث يكون عادة عمق الماء المضاف أكبر ما يمكن بالقرب من الرشاش ثم يقل في اتجاه محيط هذه الدائرة بحيث يكون التوزيع مثلثاً تقريباً. هذا التوزيع المثلثي يمثل الضغط الصحيح المقرر للرشاش. أما إذا انخفض الضغط فإنه تزداد نسبة القطرات الكبيرة التي تسقط بعيداً عن الرشاش ليأخذ شكل توزيع المياه شكل كعكة كما في شكل. أما إذا زاد ضغط تشغيل الرشاش عن الضغط المقرر فإنه تزداد نسبة القطرات الصغيرة التي تسقط قريباً من الرشاش وتقل نسبة القطرات الكبيرة التي تسقط بعيداً عن الرشاش. وهناك طريقة تقريبية للتحقق من الضغط المناسب لتشغيل الرشاش بملاحظة شكل نفث المياه الخارج من الرشاش.



يختلف الضغط باختلاف الارتفاع بين منسوب المياه في التخزين والنقطة المطلوب تحديد ضغط عندها.





تأثير ضغط تشغيل الرشاش على شكل توزيع المياه

إذا كان النفث يأخذ شكل الخط المستقيم فإن ذلك يعني أن الرشاش يعمل تحت ضغط مناسب. أما إذا كان شكل النفث مقوسا فإن ذلك يعني أن الضغط يكون أقل مما يجب ويجب زيادته. ويمكن قياس ضغط الرشاش مباشرة بواسطة مقياس ضغط مزود بأنبوبة رفيعة.

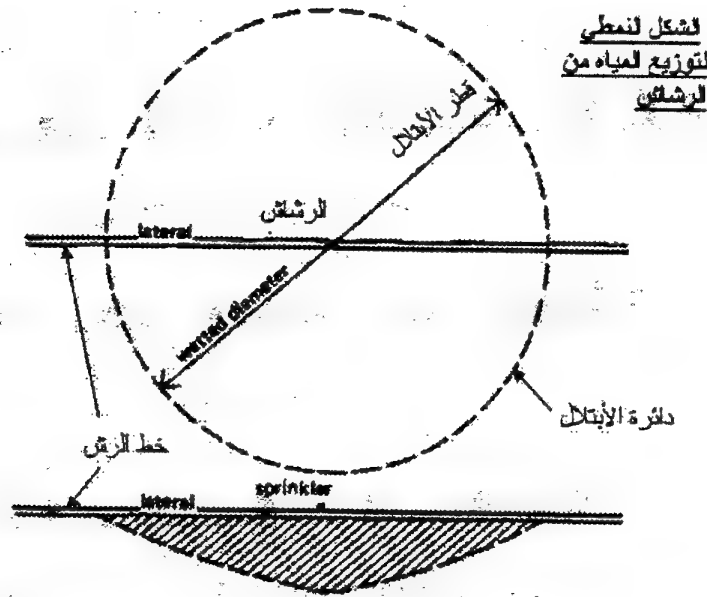
ويُقاس الضغط عادة بالبار أو الضغط الجوي حيث:

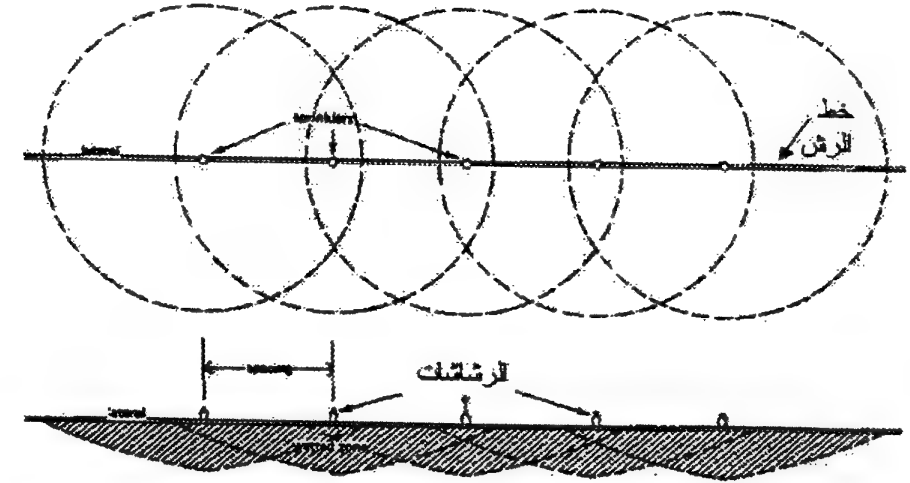
١ ضغط جوى = ١ بار = ١ كجم/سم^٢ = ١٤.٧ رطل/البوصة المربعة = ١.٠٣ متر ماء. Ψ يعبر أيضا عن الضغط الجوى بارتفاع عمود الماء (١ ضغط جوى = ١٠.٣ متر ماء). ففي حالة التوزيع المثلث الذى ينتج عند تشغيل الرشاش عند الضغط الصحيح له فإنه للحصول على شكل توزيع أكثر انتظاما يتم تشغيل عدة رشاشات متقاربة بحيث يحدث تداخل بين أشكال التوزيع الناتجة عنها.



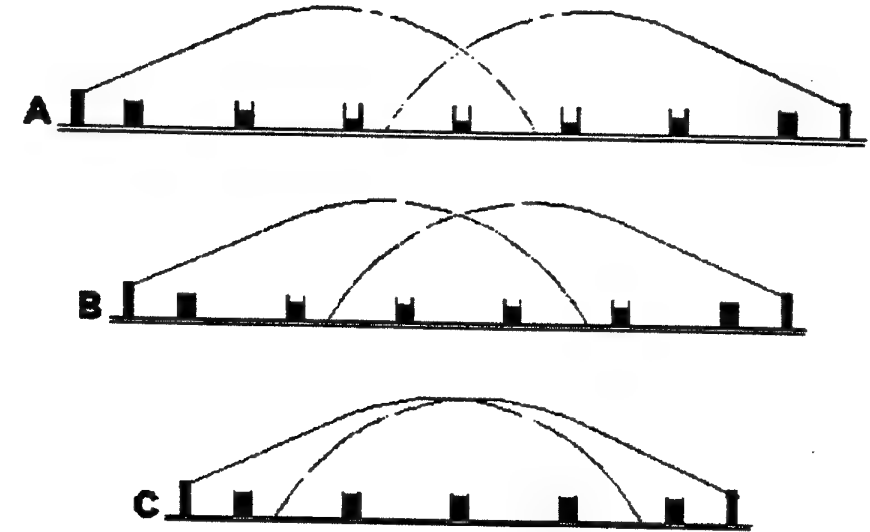
التداخل الكامل للرشاشات القفازة Head-To-Head Coverage

تصل المياه من أحد الرشاشات إلى الرشاش الآخر.





تداخل دوائر الرش للرشاشات للحصول على توزيع مياه منتظم



في الشكل A التداخل بين الرشاشات overlapping قليل ولذلك نجد أن كمية المياه المتجمعة في العلب قرب الرشاش تكون كبيرة بالمقارنة بكمية المياه المتجمعة في العلب في منتصف المسافة بين الرشاشين، ونلاحظ أيضا أن كمية المياه المتجمعة في العلب الثلاثة في منتصف السافة بين الرشاشين تساوي نصف مثيلتها قرب الرشاشات. أما في الشكل B فأننا نلاحظ أنه

بتقريب المسافة بين الرشاشات قل الفرق في كميات المياه داخل العلب وأقرب من الانتظام ولكن لازالت كمية المياه بالقرب من الرشاشات أكبر منها في منتصف المسافة بين الرشاشات بحوالي ٢٥%. أما في الشكل C فإنه بتقريب المسافة بين الرشاشين أكثر نقرب من الحالة المثالية وهي التغطية الكاملة head-to-head spacing وفيها تصل المياه من الرشاش إلى الرشاش الذي يليه. ومن هنا نخلص أنه في حالة التغطية الكاملة فإن

المسافة بين الرشاشات = نصف قطر دائرة الببلل للرشاش

أي أن المسافة بين الرشاشات تساوي ٥٠% من قطر دائرة الببلل للرشاش، حيث أن قطر دائرة الببلل **Wetted diameter or Coverage** دائما تعطى في كتالوج الرشاش عند سرعة رياح صفر. وعلى ذلك فإن أقصى مسافة بين الرشاشات يمكن استخدامها تساوي ٦٠% من قطر دائرة الببلل للرشاش. فإذا كانت الرشاشات المستعملة نصف قطر دائرة الببلل لها ١٢ متر فإن المسافات بين الرشاشات تساوي ١٢ متر وأن أقصى مسافة بين الرشاشات يمكن استخدامها هي $١٢ \times ٢ \times ٠,٦٠ = ١٤,٤$ أي حوالي ١٥ متر.

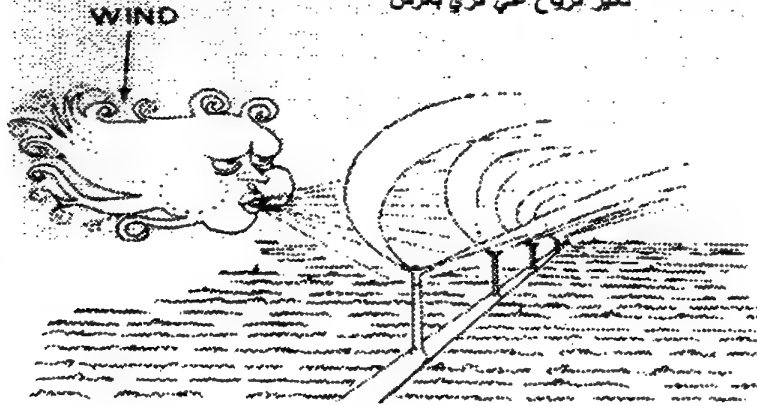
طرق توزيع الرشاشات

يوجد ثلاث طرق لتوزيع الرشاشات هي:-

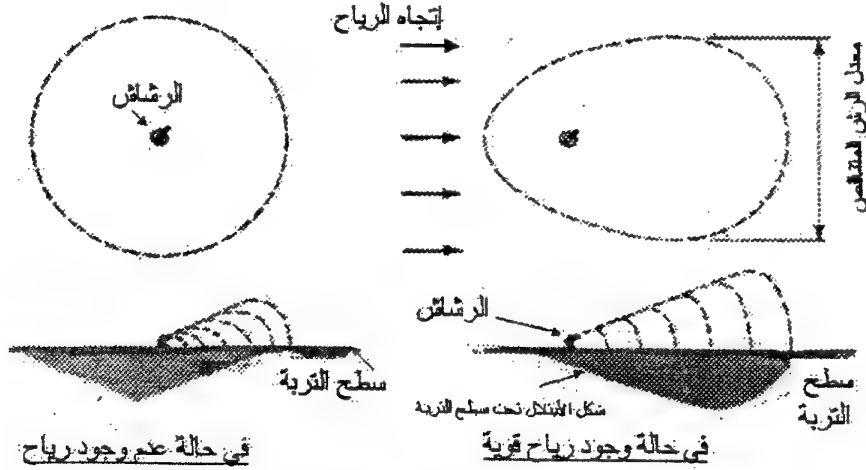
١. التوزيع المربع Square spacing pattern
٢. التوزيع المستطيل Rectangular spacing pattern
٣. التوزيع المثلث Equilateral triangle spacing pattern

SPRINKLER METHOD

تأثير الرياح على الري بالرش

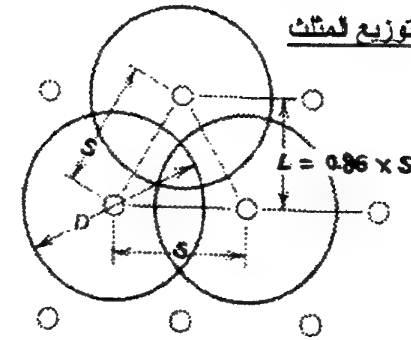


How wind may distort the distribution pattern of sprinkler irrigation.

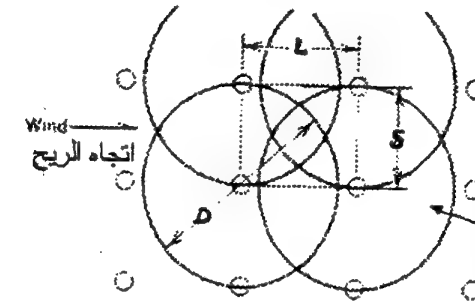


تأثير الرياح على توزيع المياه الخارجة من الرشاش

لتوزيع المثلث

S - distance between sprinklers on lateral
L - distance between lateral lines

لتوزيع المربع



S = المسافة بين الرشاشات على الخط

L = المسافة بين الخطوط

لتوزيع المستطيل

طرق توزيع الرشاشات

ففي حالة التوزيع المربع عادة تحسب المسافات المتساوية بين الرشاشات على أساس ٤٥ إلى ٥٥ % من قطر دائرة الببل للرشاش (D) وذلك طبقاً لسرعة الرياح السائدة. أما التوزيع المستطيل فتحدد المسافة المطلوبة بين الرشاشات بنسبة ٤٠ إلى ٥٠ % من قطر دائرة الببل وذلك للمسافات بين الرشاشات على خط الرش (S). أما المسافات بين خطوط الرش (L) فتبلغ ٦٠ % من قطر دائرة الببل. وفي التوزيع المثلث تتراوح المسافة بين الرشاشات من ٥٠ إلى ٦٠ % من قطر دائرة الببل للرشاش وذلك طبقاً لسرعة الرياح السائدة.

معدل الرش :

معدل الرش عبارة عن معدل سقوط المياه من الرشاش على الأرض أى هو كمية الماء الساقطة من الرشاش على وحدة المساحة من الأرض فى وحدة الزمن ويقدر غالبا بالمم / ساعة - ويحسب كالاتى:

معدل الرش (I) (مم/ساعة) = تصرف الرشاش (q) (م^٣/س) / (١٠٠٠ × المسافة بين الرشاشات S (م) × المسافة بين الخطوط L (م))

حيث أن مساحة الخدمة للرشاش A = المسافة بين الرشاشات على خط الرش × بين خطوط الرش L (مسافة نقل الخطوط)

$$I = \frac{q \times 1000}{A}$$

حيث A مساحة الخدمة للرشاش وهي عبارة عن المساحة المحصورة بين أربع رشاشات متجاورة وتختلف قيمتها حسب التوزيع كما يلي

$$A = S^2 \quad \text{في حالة التوزيع المربع}$$

$$A = S \times L \quad \text{في حالة التوزيع المستطيل}$$

$$A = 0.86 S^2 \quad \text{في حالة التوزيع المثلث}$$

حيث S, L مقاسة بالمتر ، q تصرف الرشاش (م^٣/س) ، I معدل الرش (مم/س) ويجب أن يكون معدل الرش أو إضافة المياه دائما أقل من معدل تسرب المياه فى التربة حتى نتجنب ركود المياه على سطح الأرض وحدوث جريان سطحي للمياه ونحر للتربة حيث أن معدل التسرب الأساسى للتربة الرملية الخشنة يتراوح بين (١٩ - ٢٥) م/ساعة والتربة الرملية الناعمة يتراوح بين (١٣ - ١٩) م/ساعة والتربة الرملية الناعمة اللومية من (٩ - ١٣) م/ساعة. والجدول التالي يوضح معدل الترب infiltration rate بوحدات م/ساعة بالنسبة لقوام التربة مع أهمية أخذ القيمة الصغرى عند التصميم.

ويمكن قياس تصرف الرشاش وذلك بوضع خرطوم على فوهة الرشاش وقياس الزمن اللازم لملئ صفيحة مياه معلومة الحجم بالتر فيكون التصريف = حجم الماء/الزمن المستغرق فى الملئ مع العلم أن ١ متر مكعب (م^٣) = ١٠٠٠ لتر. فإذا كان حجم الصفيحة ٢٠ لتر فيلزم ١ دقيقة حت تملئ بالماء . فإن تصرف الرشاش (م^٣/س) = (٦٠ × ٢٠) ÷ (١ × ١٠٠٠) = ١٢ م^٣/س.

معدل التسرب مم/س	قيمة صغرى	متوسط	قيمة عظمى
رملية Sand	25	50	250
رملية لومية Sandy loam	13	25	76
لومية Loam	8	13	20
طينية لومية Clay loam	2.5	8	15
سلتية طينية Silty Clay	0.3	2.5	5
طينية Clay	0.1	0.5	1

ضبط شبكة الري بالرش لتلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل

بعد معرفة معدل الرش I مم/س يمكن حساب زمن الري في اليوم بالساعة كما يلي :-

$$T_i = \frac{ET_o \times K_c}{I \times E_a (1 - LR)}$$

حيث T_i زمن الري في اليوم بالساعة
 ET_o البخر نتج القياسي مم/يوم
 K_c معامل المحصول
 E_a كفاءة الري بالرش
 LR الاحتياجات الغشيلية
 مثال :-

المطلوب حساب زمن الري بالرش إذا كان البخر نتج القياسي ٧ مم/يوم ومعامل ٠,٩٥ وكفاءة الري بالرش ٧٥% والاحتياجات الغشيلية ١٠% وتوضع الرشاشات على مسافات ١٥ × ١٨ متر وكان تصرف الرشاش ٣,٦ م^٣/س.

أولا نقوم بحساب معدل الرش كما يلي :-

$$I = \frac{3.6 \times 1000}{15 \times 18} = 13.33 \text{ mm / hr}$$

$$T_i = \frac{7 \times 0.95}{13.33 \times 0.75 (1 - 0.10)} = 0.74 \text{ hr}$$

وعلى ذلك إذا كانت الفترة بين الريات ٤ يوم يكون زمن الري $0.74 \times 4 = 3$ ساعات

حساب سعة المضخة اللازمة لري مساحة معينة

يتم حساب سعة المضخة على أساس أقصى احتياج مائي يومي للمحاصيل المطلوب زراعتها كما يلي :-

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times A \times 4.2}{E_a \times H}$$

حيث Q سعة المضخة م^٣/س

A المساحة بالفدان

H عدد ساعات التشغيل اليومي للمضخة

مثال :-

أحسب سعة المضخة اللازمة لري ٢٠ فدان إذا كان أقصى بخر نتح قياسي ٧ مم/يوم عند معامل محصول يساوي ١ وساعات التشغيل اليومي ١٢ ساعة عند وقت أقصى الاحتياجات وكفاءة نظام الري بالرش ٧٥%.

$$Q = \frac{7 \times 1 \times 20 \times 4.2}{0.75 \times 12} = 65.3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

الخطوط الفرعية والرئيسية:

وهي المواسير التي تقوم بتغذية خطوط الرشاشات والمعتاد أن تكون هذه المواسير ثابتة و تحت سطح الأرض وتصنع عادة من مادة بى فى سى PVC أو الأسبستوس وهى تستخدم لتوصيل المياه فقط أى لا يوجد عليها رشاشات على الإطلاق وتزود بصمامات تغذية إذا كانت مواسير رئيسية تقوم بتغذية الخطوط الفرعية. أما إذا كانت خطوط فرعية فهى تقوم بتغذية خطوط الرش. وعادة تصمم أقطار هذه الخطوط بحيث لا تتعدى سرعة المياه داخلها عن ١ م/ث أو بالمقابلة بين تكاليف المواسير وتكاليف الطاقة المفقودة فى الاحتكاك فى مواسير ذات القطر الأقل. عادة يستعمل أكثر من قطر لمواسير الخط الرئيسى أو الخطوط الفرعية حيث أن كمية المياه التى تحملها تتناقص كلما أبتعدنا عن المضخة.

محطات ضخ المياه

وهي التى ترفع المياه مباشرة الى المواسير الرئيسية تحت ضغط مرتفع يتراوح بين (٥ الى ٦) ضغط جوى. وتصرف المياه فى المضخة بضغط يزيد عن ١٠% عن الاحتياجات المائية لتغطية الفواقد فى المواسير عند الوصلات أو فارق توزيع المياه عند الرشاشات نتيجة لأختلاف الضغوط المتسبب عن الاحتكاك فى المواسير. كما يجب أن يكون ضاغط الرفع عند المحطة مساويا للضاغط المطلوب عند أبعد خط للرشاشات فى المنطقة أو أعلى خط مضافا اليه فواقد الاحتكاك والفواقد الثانوية. والأشكال الآتية توضح تركيب نوعين شائعين من المضخات وهي المضخة الطاردة المركزية ومضخة الأعماق التربينية ولمزيد من المعلومات عن المضخات يمكن الرجوع الى كتاب المؤلف عن هيدروليكا المضخات والتقنيات المكشوفة والمدرج بقائمة المراجع.

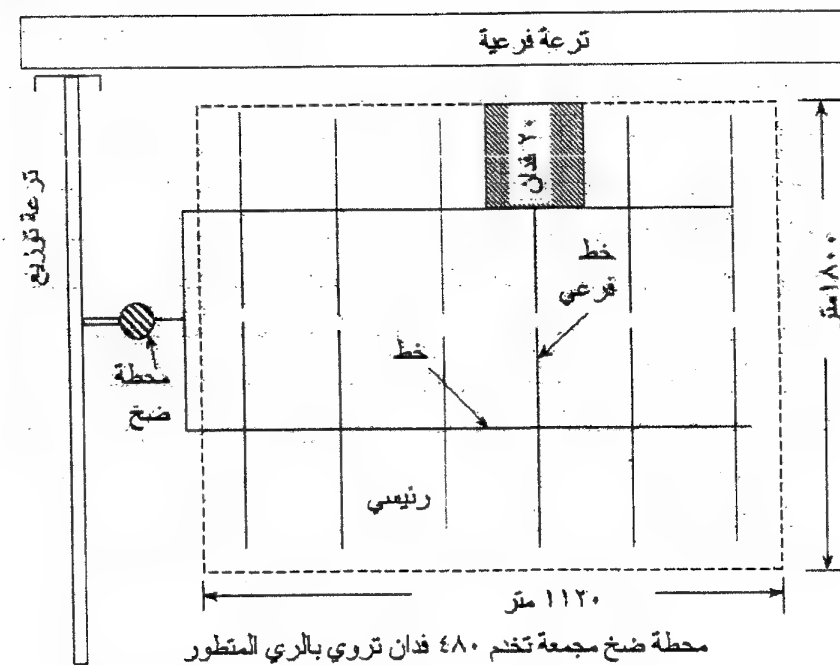
ويوجد نوعان من محطات الضخ فى المناطق الصحروية وهي:-

١- محطات الضخ الفردية أو المستقلة Independent pump station

وهي تخدم مساحة قدرها ٢٠ فدان وتتراوح قدرتها بين ٢٠ - ٣٠ حصان وتصرفها بين ٤٠ - ٥٥ م^٣/س وتخدم مساحات الري المتطور فى منطقة النوبارية والبستان حيث تقسم الأرض الى قطع مساحة كل منها ٥ فدان (١١٢ × ١٨٦ متر) توزع على الخريجين.

٢- محطات الضخ المجمع Collective pump station

وهي تخدم مساحة تقترب من ٥٠٠ فدان. ففي بداية الستينات أنشأت هذه المحطات المجمع فى منطقة جنوب التحرير لخدمة مساحات الري بالرش النقالي حيث تقسم الأرض الى حوش مساحة الحوشة ٢٠ فدان (٢٩٦ × ٢٨٠ متر). ثم استخدمت هذه المحطات المجمع فى منطقة النوبارية أيضا الى حين تم التوصية بعدم إنشاء محطات جديدة والتوجه لإنشاء المحطات الفردية لأن المحطات المجمع تضم حوالى ١٠٠ مستخدم تقتضى منهم التعاون التام فى تشغيلها وصيانتها.



نظم الري بالرش

تنقسم نظم الري بالرش الى

١. نظم ثابتة Permanent or Fixed

٢. نظم متحركة Periodic Move

أ- المتنقل يدويا (اليدوي) Hand-move

ب- المتنقل علي عجل Side-roll or Wheel line /

Powerline

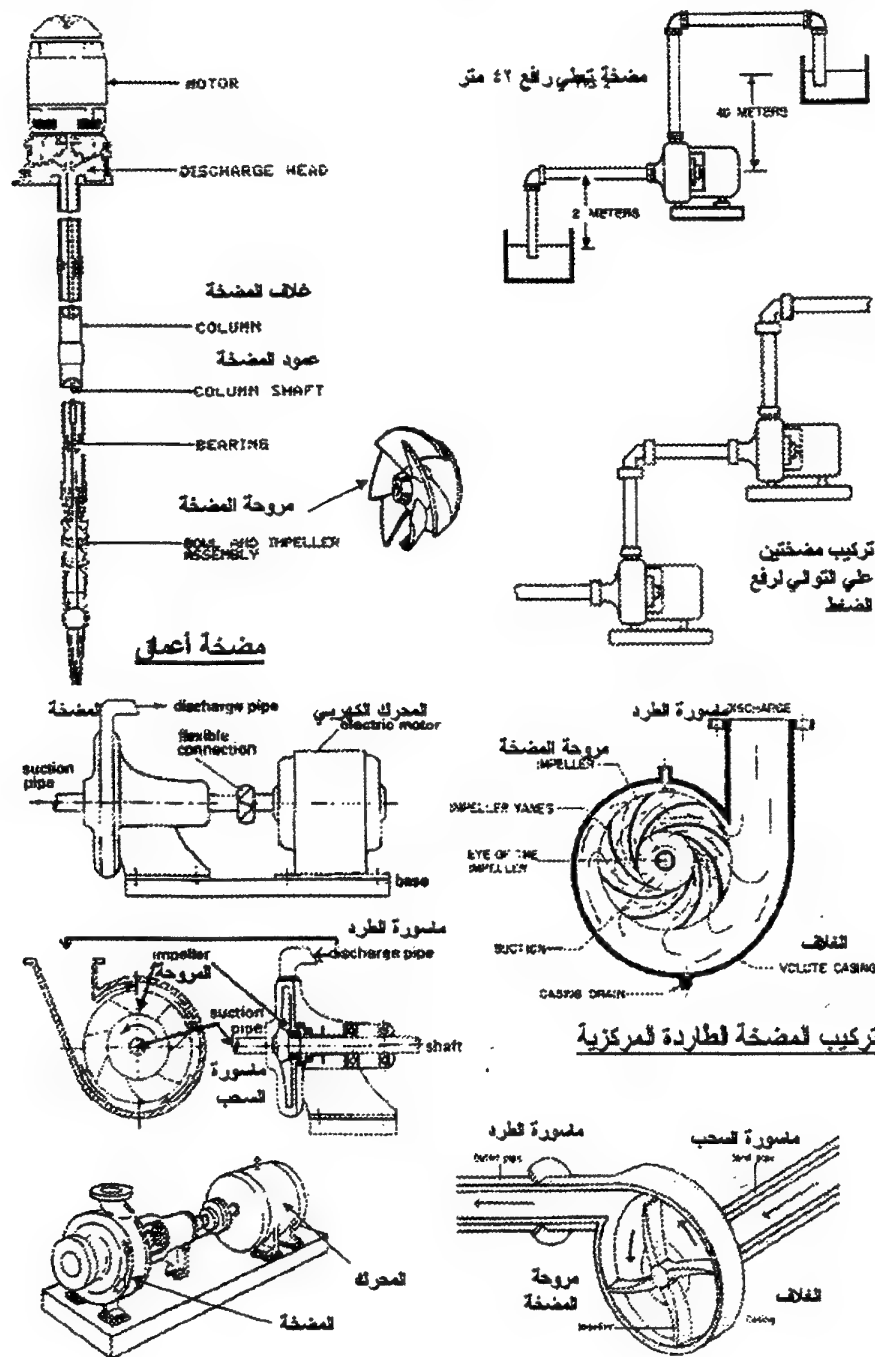
ج- المسحوب بالجرار Tractor towed or End-pull

٣. نظم متحركة (ذات حركة مستمرة) Continuous Move

أ- الرش المحوري Center-Pivot

ب- الرشاش المدفعي المتحرك أو المتجول Traveler Gun

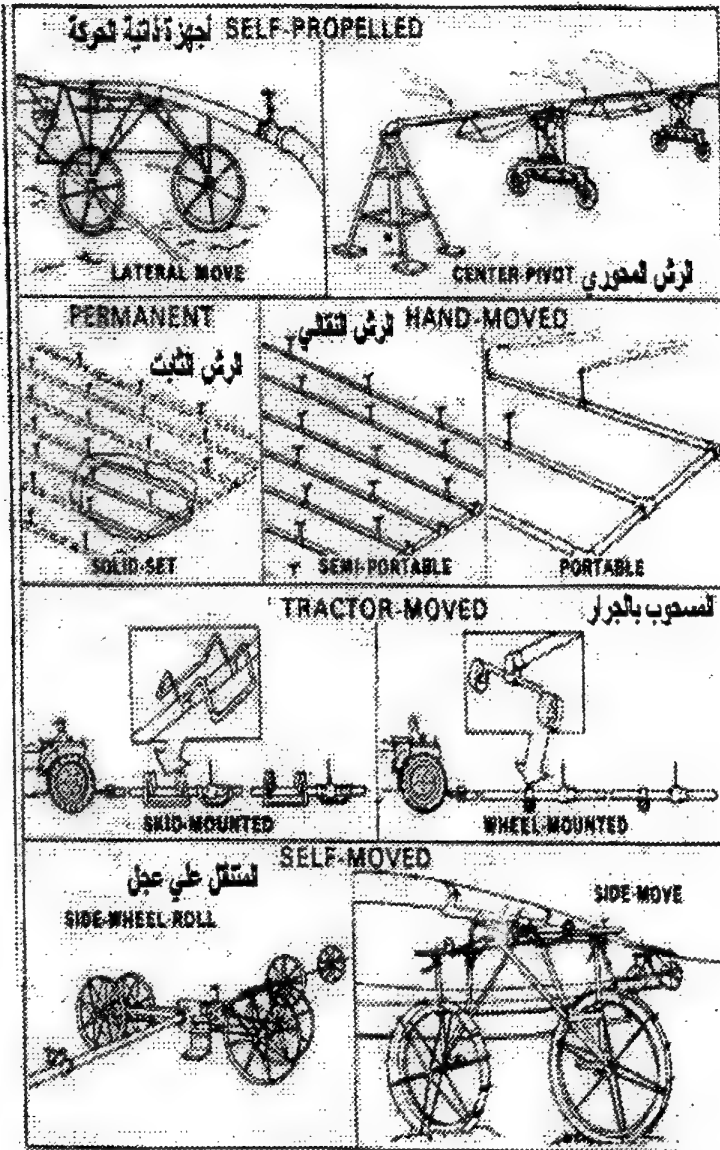
ج- الرش الطولي Linear System



- كيف تقسم نظم الري بالرش system cassified يتم تقسيم الري بالرش على أساس طريقة عمل خط الرش lateral line (الخط الذي يحمل الرشاشات) فبعض خطوط الرش تكون ثابتة والبعض الآخر يتم تحريكه بعد عملية الري بينما البعض الآخر يتحرك بصفة مستمرة خلال عملية الري.

- الأنواع الرئيسية الثلاثة لنظام الري بالرش. What are the three main types of sprinkler system?

- أ- النظم الثابتة Fixed systems
 ب- النظم المتنقلة move periodic system
 ج- نظم الحركة المستمرة continuous move system



الأنواع المختلفة لنظم الري بالرش

المصدر: Planning for an irrigation system. 1980. AA .VIM

الري بالرش الثابت

Fixed Sprinkler System

لا يحتاج إلى نقله أو تحريكه بعد إنشاؤه.

عدد الرشاشات وخطوط الأنابيب كافية لتغطية الحقل بأكمله.

لري الحقل لا تحتاج سوى فتح محابس القطع لتغذيتها بالمياه تحت الضغط المطلوب.

خطوط الرش قد تكون مدفونة تحت سطح الأرض أو قد تكون فوق سطح الأرض مع ملاحظة أن خطوط البلاستيك المصنوعة من مادة البولي فنيبل كلوريد PVC تتشق عند تعرضها لأشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) ولذلك يجب دفنها تحت سطح الأرض أما الخطوط المصنوعة من الألمنيوم أو من مادة البولي إيثيلين فيمكن استخدامها فوق سطح الأرض. وعند دفن الخطوط تحت سطح الأرض يجب أن تدفن بعمق لا يقل عن ٦٠ سم لكي لا تصل أسلحة المحاريث إليها ولكي لا تتأثر بمرور الأحمال الثقيلة فوق سطح الأرض.

معظم نظم الرش الثابت تستخدم الرشاشات المتوسطة التي توضع على مسافات تتراوح بين ٩ إلى ٢٤ متر ولكن قد تستخدم الرشاشات المدفعية Gun لتتراوح المسافات بينها من ٣٠ إلى ٤٨ متر.

قد يتم نقل خطوط الرش خلال موسم نمو المحصول وذلك للسماح بعمليات الحرث والزراعة والحصاد وفي هذه الحالة يسمى بالنظام الشبه ثابت solid set sprinkler وفيه تكون خطوط الرش مركبة فوق سطح الأرض والخطوط الرئيسية ومدونة تحت سطح الأرض.

نظم الري بالرش المتنقل : Periodic-move sprinkler system

كما في الرش الثابت ولكن يختلف في أن خطوط الرش تكون كافية فقط لري جزء من الأرض في نفس الوقت ويسمى هذا الجزء بالوضع set.

يجب نقل أو تحريك خط الرش من وضع إلى آخر وذلك لإمكان إنهاء ري الحقل خلال الفترة بين الريات.

في الري بالرش اليدوي Hand-move يتم إمداد خط الرش بالمياه عن طريق الخط الرئيسي الذي يدوره قد يكون مدفونة تحت سطح الأرض أو قد يكون محمول أيضا.

خط الرش عادة ما يكون من قطع من المواسير الألومنيوم التي يسهل حملها بطول ٦ أو ٩ متر ويتم توصيلها ببعض بوصلات سريعة الفك والتركيب تسمى Quick-coupling.

خط الرش اليدوي يحتاج إلى عمالة كبيرة نسبيا وذلك للتركيب والفك والنقل. خط الرش المسحوب من نهاية بالجرار End-tow lateral يشبه في فكرته النظام اليدوي فيما عدا أنه لا يحتاج إلى الفك أثناء النقل حيث يتم سحب الخط بأكمله باستخدام الجرار حيث أن الخط يكون محمل على عجل صغير أو زحافات.

يتم سحب الخط من وضع إلى آخر بواسطة سحبه بالجرار. خط الرش المتحرك أو المتحرك على عجل side-roll يعتبر النوع الثالث لنظم الرش المتنقل.

خط الرش لا يتم فكه أثناء تحريكه من وضع إلى آخر حيث يتركب من قطع مواسير بطول ١٢ متر متصلة ببعضها بوصلات ثابتة وكل قطعة مواسير ترتكز على عجلة كبيرة.

خط الرش يعمل كمحور للعجل الذي عند دورانه يتسبب في دوران خط الرش أيضا وبذلك يتم تحريك خط الرش من وضع إلى آخر أي أن خط الرش يكون ثابت أثناء الري ثم يتوقف من الري ليتم تحريكه إلى الوضع الذي يليه. يتم دوران خط الرش بواسطة محرك بنزين صغير محمول على منتصف خط الرش.

نظم الرش ذات الحركة المستمرة Continuons move sprinkler system

يضيف خط الرش المتحرك المياه للتربة أثناء حركته.

الري بالرش المحورى Center-pivot يعتبر من النظم الشائعة لنظم الرش ذات الحركة المستمرة.

خط الرش مثبت عن أحد طرفيه (المركز) ويدور الطرف الآخر حول المركز لرى مساحة دائرية كبيرة؟

ويسمى الطرف الثابت من خط الرش بنقطة المحور "pivot point" وهو متصل بمصدر المياه water supply.

يتكون خط الرش lateral من سلسلة من الأبراج towers المسافة بينها حوالى ٥٠ مترا.

يرتفع خط الرش على سطح الأرض بحوالى ٣ متر بواسطة البرج الذى هو عبارة عن إطار يأخذ شكل حرف A ومزود بعجلتين يتم إدارتهم بواسطة محرك كهربى فى أغلب الأحيان وفى بعض الأحيان يتم إدارتهم بمحرك هيدرولىكى.

يوجد جهاز ميكانيكى عند كل برج للمحافظة على استقامة الجهاز alignment.

يتحكم البرج الأخير فى سرعة دوران الجهاز المحورى الذى يتم ضبطه بواسطة مشغل الجهاز من لوحة التحكم عند نقطة المحور.

جهاز الرش المحورى الشائع استخدامه طوله ٤٠٠٠ متر (ربع ميل) ويروى مسافة دائرة قدرها ١٢٥ فدان داخل مساحة مربعة قدرها حوالى ١٥٠ فدان.

الرشاش المدفعى المتحرك أو الجوال Traveler يعتبر نوع آخر من نظم الحركة المستمرة.

يتكون الرشاش المدفعى المتحرك من رشاش عملاق يسمى مدفع Gun محمول على عربة قد تكون ذاتية الحركة أو قد تسحب بواسطة خرطوم ملفوف على بكرة.

يتحرك الرشاش المدفعى فى خط مستقيم ويتم تزويده بالمياه خلال الخرطوم المرن.

بعض الرشاشات المدفعية المتحركة ذاتيا تتحرك بجانب قناة مكشوفة (تبطين) بحيث يتم تزويد الرشاش بصفة مستمرة عن طريق القناة الذى يتحرك بجانبها حيث تدفع المياه تحت ضغط بواسطة طلمبة محمولة مع الرشاش المدفعى.

يتطلب تشغيل الرشاش المدفعى دفع المياه تحت ضغط كبير ولذلك فهو يحتاج إلى طاقة كبيرة لتشغيله.

الري بالرش الطولى linear system يشبه الري المحورى ولكن يتحرك طوليا بدلا من الحركة الدائرية ولذلك يتم تزويده بالمياه عن طريق قناة مكشوفة فى منتصف الجهاز حيث يتحرك بجانبها أو عن طريق خرطوم كما هو الحال فى الرشاش المدفعى المتحرك.

ضغط التشغيل منخفض عند مقارنته بالرشاش المدفعى المتحرك.

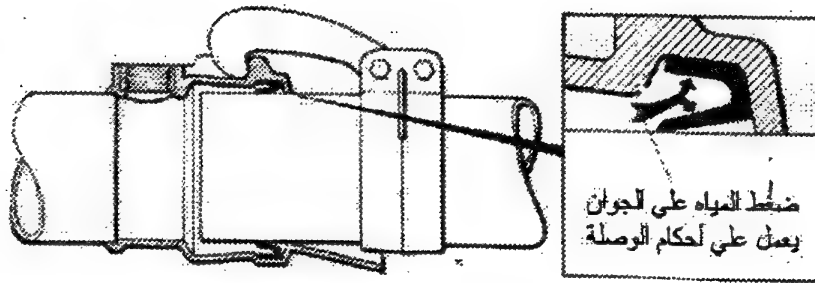
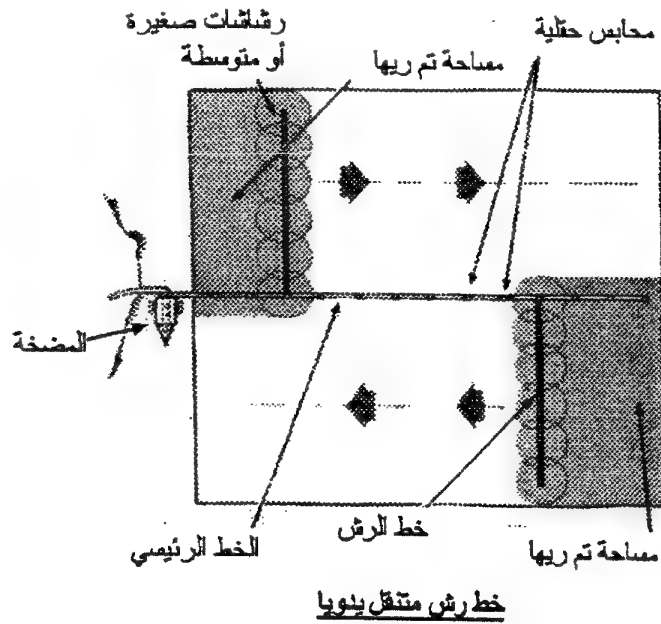
لتشغيله بكفاءة يحتاج إلى حقل مستطيل الشكل خالى من العوائق.

٥- نظام الرش المحكم المنخفض الطاقة Low-energy, precision (LEPA application)

وهو عبارة عن نظام رش محورى مزود بأجهزة إضافة مياه تعمل

تحت ضغط منخفض وتضيف المياه بإحكام تام قريبا من سطح التربة.

حيث يتم إعداد الأرض وتخطيطها بعمل خطوط متقاربة ودائرية بحيث يكون مركزها نقطة المحور فإن الرش المحكم المنخفض الطاقة قد يستخدم كرى تكميلى حيث يستفيد فى تجميع أو حصاد الأمطار داخل الخطوط عند هطول الأمطار.



وصلة سريعة الفك والتركيب Quick Coupling تستخدم لوصلة
قطع مواسير الألومنيوم

العائد الاقتصادي لنظام الري بالرش benefits of sprinkler irrigation system?

- أ - التكاليف الإنسانية لنظام الري بالرش على مدى القصير مرتفعة بالمقارنة بالتكاليف الإنسانية لنظام الري السطحي.
- ب - لا يوجد تكاليف تسوية للأرض حيث لا يوجد حاجة للتسوية في الري بالرش.
- ج - تعتبر الطاقة المستخدمة في ضخ المياه لنظام الري بالرش من أهم عناصر تكاليف التشغيل.
- د - بمرور الوقت يبدأ نظام الري بالرش في تعويض تكاليف إنشائه المرتفعة وبذلك يكون العائد أكبر من التكاليف.

نظام الري بالرش المتنقل يدوي HAND- MOVE

يتركب نظام الري بالرش المتنقل يدويًا من قطع مواسير مصنعة من الألومنيوم الخفيف السهل الحمل بأطوال (٣-٦-٩) متر وبأقطار مختلفة (٢-٣-٤) بوصة. ويوجد فتحة في نهاية قطعة الماسورة لتركيب أنبويه حامل الرشاش عليها وفي حالة عدم تركيب رشاش يركب عليها طبه لإغلاقها - توصل قطع المواسير ببعضها عن طريق وصلات سريعة الفك والتركيب تسمى "كويك كوبلينج" وبداخلها جوان يمنع تسرب المياه من الوصلة عند زيادة ضغط المياه كما هو موضح بالشكل. هناك ثلاثة تصميمات شائعة في مناطق الاستصلاح الصحراوية لهذا النظام أحدهما يستخدم الرشاش RB70 و هو منفذ في منطقة غرب النوبارية وبعض مناطق البستان والثاني يستخدم الرشاش RB30 وهو منفذ في منطقة البستان وفرع ٢٠ أما النموذج الثالث فهو موجود في منطقة جنوب التحرير.

١- النموذج الأول

المنفذ في منطقة غرب النوبارية

- المسافات بين الرشاشات على خط الرش = ١٥ متر بعض التصميمات ١٨ م.

- المسافات بين الخطوط (مسافة النقل) = ١٨ متر.

- الحقل مستطيل مساحته = ٢٠ فدان.

مقسم بين ٤ مزارعين يخص كل مزارع ٥ فدان ويمر الخط الرئيسي بمنتصف قطعة الأرض.

- أقصى ساعات تشغيل يومي = ١٥ س/يوم

- أقصى استهلاك مائي يومي = ٧ م/يوم

- الرشاش من النوع RAIN BIRD 70B

- فوهة الرشاش = ٦,٤ × ٢,٤ مم بعض التصميمات ٧,١ × ٣,٢ مم

- التصريف = ٣,٣٩ م^٣/س - ٤,٠٨ م^٣/س

- الضغط = ٣ ضغط جوى

- نصف قطر الابتلال = ١٨,٥ - ١٩,٣ متر

- الفترة بين الريات = ٤ يوم

- معدل الرش = ١٢,٥ م/س

- زمن الري للنقطة = ٢ - ٢,٥ ساعة

- عدد النقلات في اليوم = ٦ نقلة

- عدد الرشاشات على خط الرش = ٦ رشاشات

- قطر خط الرش = ٣ بوصة

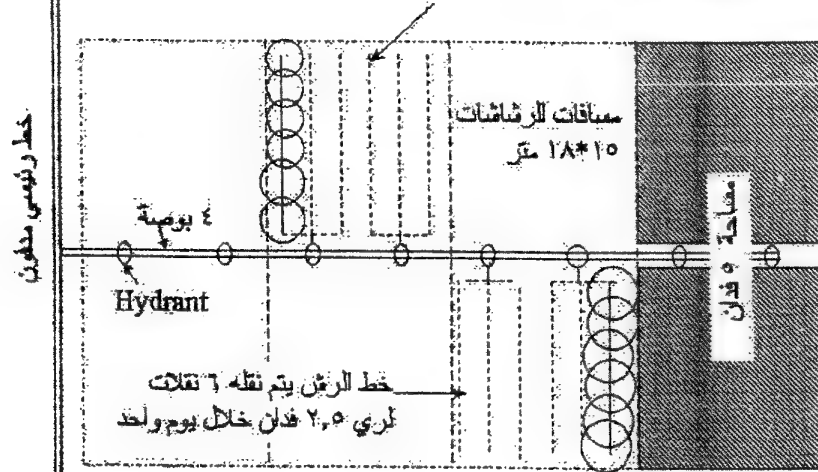
ويسمح التصميم برى مساحة ٥ فدان في يومين ويشارك المزارع في

خط الرش مع جاره بحيث يتم ري حقله في يومين وأعطاه خط الرش لجاره

ليتم ري حقله في يومين آخرين أى أن الحقل مساحته ٢٠ فدان يخصه خطين

رش فقط. والرسم التخطيطي للنظام مبين بالشكل

ويخدم ١٠ فدان يتم الري خلال ٤ أيام 70 RB خط الرش يحصل ٦ رشاشات



تخطيط خط مساحة ٢٠ فدان يستخدم فيه خط الرش النقالى فى غرب النوبارية

ب- النموذج الثانى

المنفذ في منطقة البستان وفرع ٢٠

RB30

- الرشاش المستعمل

- قطر الفوهة = ٤,٨ × ٢,٤ مم.

- تصريف الرشاش = ١,٩ م^٣/س

- ضغط الرشاش = ٣ بار.

- نصف قطر دائرة الابتلال = ١٤,٧ متر.

- مسافات الرشاشات = ١٢ × ١٢ متر.

- قطر خط الرش = ٣ بوصة.

- عدد الرشاشات على خط الرش = ٧ رشاشات

تم تقسيم المساحة ٢٠ فدان الى ٤ قطع ، مساحة كل قطعه ٥ فدان

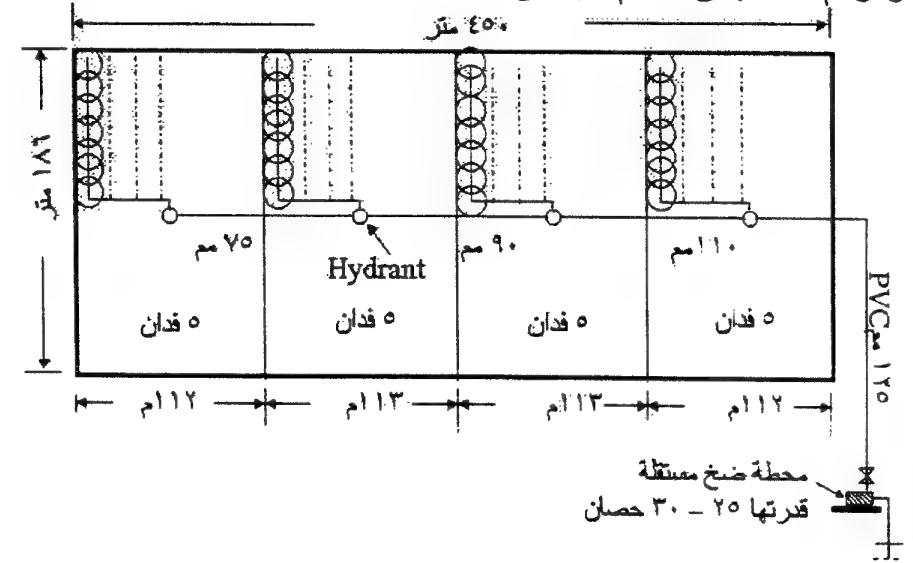
- الفترة بين الريات = ٤ يوم.

- أقصى ساعات تشغيل يومي = ١٢ ساعة.

- عدد نقلات خط الري بالرش فى اليوم = ٤ نقلات.

- زمن الري في النقلة الواحدة = ٢٥ ساعة.
- معدل الرش = ١٣ مم/س
- عدد خطوط الرش التي تعمل في نفس = ٤ خطوط أي ٢٨ رشاش الوقت
- تصرف المضخة = ٥٣,٢ م^٣/س

والرسم التخطيطي للنظام مبين في شكل

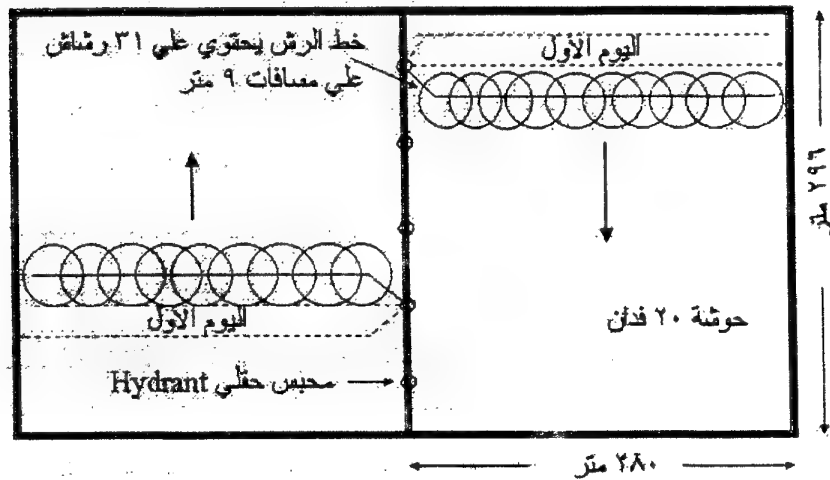


ري بالرش النقلي لمساحة ٢٠ فدان بمحطة ضخ مستقلة لخدمة ٤ قطع كل منها ٥ فدان

النموذج الثالث المنفذ في جنوب التحرير

- الرشاش المستعمل RB30
- قطر الفوهه = ٤,٨ × ٢٤ مم.
- تصرف الرشاش = ١,٩ م^٣/س
- ضغط الرشاش = ٣ بار.
- نصف قطر دائرة الابتلال = ١٤,٧ متر.
- مسافات الرشاشات = ٩ × ١٨ متر.
- قطر خط الرش = ٤ - ٣ بوصة.

- عدد الرشاشات علي خط الرش = ٣٠ - ٣١ رشاشات
- الحوشة مساحتها ٢٠ فدان يخدمها خط رش واحد بطول حوالي ٢٧٩ متر.
- الفترة بين الريات = ٤ يوم.
- أقصى ساعات تشغيل يومي = ١٥ ساعة.
- عدد نقلات خط الري بالرش في اليوم = ٤ نقلات.
- زمن الري في النقلة الواحدة = ٣ ساعة.
- معدل الرش = ١١,٧ مم/س
- تصرف خط الرش = ٥٧ م^٣/س
- والرسم التخطيطي للنظام مبين في الشكل.



نظام لري بالرش في منطقة جنوب لتحرير حيث تقم الأرض في حوش مساحتها ٢٠ فدان ويخدمها خط رش نقلي طوله ٢٧٠ متر

اسباب انخفاض كفاءة الرش النقلي:

- ١- انخفاض ضغط التشغيل.
- ٢- تسريب مياه الري من الوصلات المختلفة و الرشاشات.
- ٣- انسداد الرشاشات نتيجة عدم وجود فلتر شبكي علي بداية الخط لحجز الشوائب.

٤- عدم استخدام المسافات الملائمة لنوع الرشاش

٥- عدم وجود مصدات رياح لتقليل تأثيرها الضار علي توزيع المياه الخارجة من الرشاش

العيوب الشائعة في استخدام الرش النقيالي:

١- عدم رأسية الرشاشات.

٢- تركيب الرشاش مباشرة علي الخط دون استخدام حامل الرشاش.

٣- حمل أكثر من ماسورة موصلة ببعضها.

٤- عدم استقامة خط الرش.

٥- عدم استخدام فلتر شبكي في بداية خط الرش.

٦- خلط أنواع مختلفة من الرشاشات علي نفس الخط بأقطار مختلفة للفواني.

٧- عدم احكام شبك الوصلات.

٨- استعمال جوانات تالفة تتسبب في تسريب المياه خلال الوصلات مما يؤدي الي تخفيض الضغط.

تعليمات ارشادية يجب اتباعها في تشغيل نظام الري بالرش النقيالي:

١- عدم حمل أكثر من ماسورة موصلة ببعضها.

٢- عدم فك المواسير الموصلة ببعضها عن طريق حامل الرشاش.

٣- استخدام جوانات جديدة عند مناطق التسريب حفاظا علي الضغط.

٤- عدم فتح المحبس الرئيسي بصورة مفاجأة حتي لا يحدث خلخلة وزيادة مفاجأة في ضغط تسبب فك المواسير و خروج الجوان عن موضعه.

٥- استخدام سمادة علي الخط لضمان ارتفاع كفاءة توزيع السماد والاستفادة به.

٦- فتح المحبس الرئيسي ربع فتحة عند نقل الحط النقيالي لضمان أتران الخط (حتي لا ينقلب الخط) أثناء عملية التركيب.

بعض التعديلات التي أدخلت لرفع كفاءة الرش النقيالي

١ - استخدام مصفاة في بداية الخط النقيالي:

عند استخدام المياه البحارى والتي غالبا ما تحتوي على شوائب تتسبب في انسداد فواني الرشاشات مما يضطر المزارع الي تسليك الرشاشات عند نقل خط الرش ولتفادي ذلك يوضع مصفاة في بداية خط الرش بحيث يتم تنظيف المصفاة فقط عند نقل الخط ومنع الانسداد المتكرر للرشاشات مما يؤدي الي سوء توزيع المياه وتلف الرشاشات من جراء التسليك المستمر لها .

وقد قام مشروع كفاءات الري للصحراء بمركز تنمية الصحراء التابع للجامعة الأمريكية بالقاهرة بتصميم مصفاة لا تتعدى كلفتها ١٥ جنيه عند تصنيعها في الورش ولا يفقد خلالها قدر كبير من الضغط (٠,٥ متر) وقطر فتحاتها ٤ مم ويتم تنقيتها بواسطة بنطة ٤ مم لان فونية الرشاشات المستعملة عادة تكون أكبر من ٤ مم والمسافة بين مراكز دوائر الفتحات تكون ثلاثة أمثال قطر الفتحة مع وضع فتحة في الوسط لتصل نسبة المساحة المفتوحة الي ١٧,٥ % ويصل معامل الانسداد الي ٠,٥ وهذا يعطي معامل أمان ٢ بمعنى أن المساحة المفتوحة الفعلية ضعف المساحة المفتوحة المحسوبة.

٢- تلك التسميد المعطل

أعتاد المزارع علي عدم حقن الأسمدة في شبكة الري بالرش مما يفقده مميزات كبيرة وهي انتظام توزيع الأسمدة وتقليل الفاقد منها وبذلك يتم رفع كفاءة استخدامها وإضافتها علي دفعات متعددة وخاصة في التربة الرملية الخفيفة. وكثيرا من المزارعين لا يتقبلون استخدام تلك التسميد بحالته الراهنة حيث أن ضغط التشغيل لمعظم شبكات الري منخفضة واستخدام محبس لعمل فرق في الضغط لا يتفق مع انخفاض ضغط التشغيل علاوة علي ارتفاع تكلفة المحبس وثقل وزنه عند نقل الخط. ولهذا تم تصميم تلك التسميد بحيث يتم

الاستغناء كاملا عن المحبس وذلك بتوجيه الماسورة الداخلة للخزان في اتجاه سريان المياه بينما توجه ماسورة حقن الأسمدة الخارجة من التتاك في عكس اتجاه سريان المياه وهذا يتسبب في حدوث فرق بسيط في الضغط يكفي لحقن الأسمدة. ويبلغ زمن تفريغ التتاك ساعة ٦٠ لتر قرابة ساعة. ويتكلف تصنيعه ٢٥٥ جنيه. باستخدام هذا التتاك المعدل أمكن توفير فاقد في الضغط ٠,٣ بار بالإضافة الى توفير ثمن المحبس الذي يبلغ ٢٠٠ جنيه.

٣- ترحيل خط الرش

يشير الترحيل الى عدم وضع خط الرش في نفس الموضع عند كل رية بل يتم ترحيل الخط بمقدار نصف مسافة النقل بحيث لا يوضع الخط عند نفس الموضع للرية السابقة حيث أنه عند وضع الخط في نفس الموضع عند كل رية فإن الوضع الذي يحصل على كمية مياه زائدة في الرية السابقة يحصل على نفس كمية المياه الزائدة في الرية التالية ونفس الشيء يحدث للوضع الذي يحصل على كمية مياه قليلة أما إذا تم ترحيل الخط بمقدار نصف مسافة النقل فإن الوضع الذي يحصل على كمية مياه زائدة في الرية السابقة يحصل على متساويا كل ريتين متتاليتين. ويتم تطبيق ذلك عمليا بتحريك الخط نصف مسافة النقل عن طريق وضع ماسورة إضافية عمودية كمية مياه قليلة في الرية التالية وهكذا يتم توزيع المياه توزيعا على الخط. واستخدام هذا النظام يرفع معامل انتظام توزيع المياه من ٦٥% الى ٨٠% وأيضا من ٨٠% الى ٨٩% أي أنه يرفع معامل انتظام توزيع المياه بما لا يقل عن ١٠%.

الصيانة

- ١- يجب التأكد من قراءة عداد الضغط والخاص بمخرج الطلبه (٥ ض.ج) وذلك لضمان التداخل المطلوب لدائرة الري لكل رشاش.

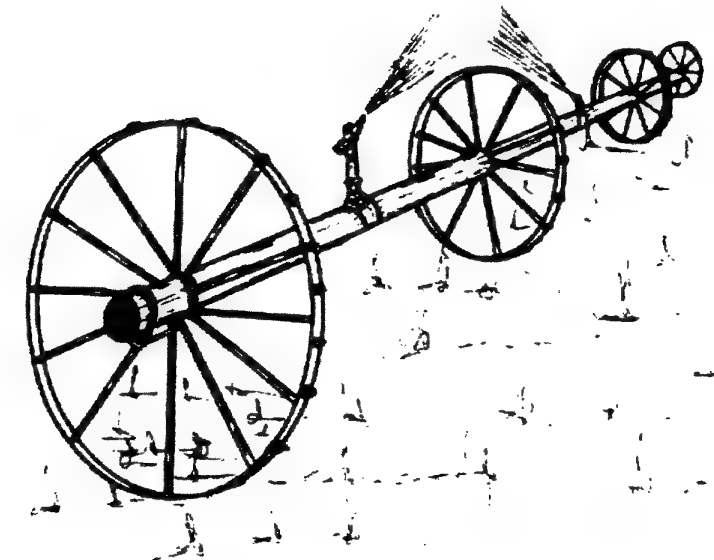
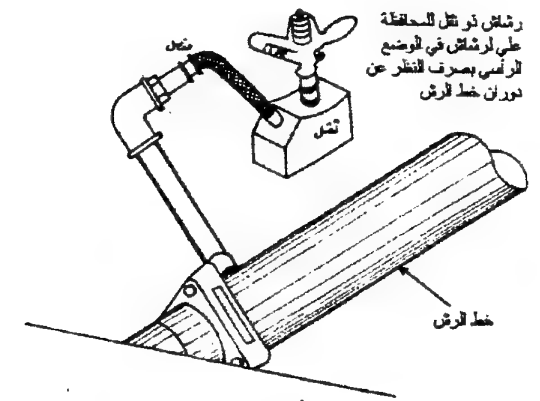
- ٢- في حالة انخفاض الضغط يجب التأكد من ماسورة السحب في البياره وفي حالة إنسداده يجب تنظيفها.
- ٣- عدم دوران الرشاش أو أن دائرة الرش للرشاش أقل من مثيلاتها على نفس الخط يجب فك الرشاش وتنظيف الفونيه بالغسيل العكسي بالماء والطرق عليها باليد لإزالة الرمال العالقة وبقايا الطحالب مع الطرق برفق على السوسته.
- ٤- ضمان تركيب المواسير الألومنيوم في استقامة واحدة حتى لا يضعف الضغط لعدم إحكام المواسير مع بعضها.
- ٥- إذا زاد الضغط عن الرقم الموصى به (٥ ض.ج) يجب فك المواسير الألومنيوم والتأكد من خلوها من بقايا المحاصيل الزراعية أو الحيوانات الزاحفة أو أي رواسب تعوق سير المياه.
- ٦- في حالة استخدام الأسمدة الكيماوية والمبيدات حقنا عن طريق شبكة الري بالرش يجب استمرار تشغيل الري لمدة نصف ساعة على الأقل لضمان غسيل الشبكة من أي رواسب كيماوية لتلافي تأثير ما تحدثه من تفاعل مع الأجزاء المعدنية بشبكة الري.
- ٧- في عمليات خدمة المحصول (حرث - عزيق - حصاد) بواسطة الجرارات يجب تخزين المواسير بعيدا عن خط سير الجرارات

خط الرش المتنقل على عجل SIDE ROLL

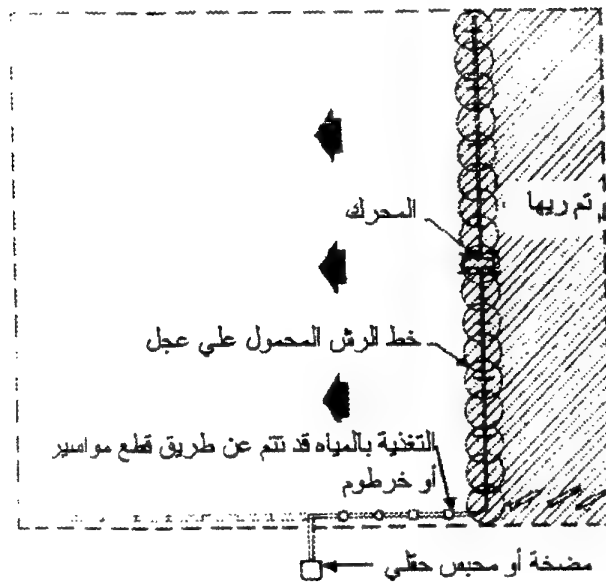
يختلف خط الرش المحمول على محور العجل عن خط الرش المتنقل في أن الخط يتحرك كوحدة واحدة. ويستخدم كمحور للعجل الذي يتحرك عليه بواسطة محرك بنزين صغير يوضع في منتصف خط الرش والشكل يوضح منظور لخط الرش المحمول على محور العجل.

ويلانم هذا النظام المحاصيل القصيرة الطول ويلانم أيضا المساحات المستطيلة ذات الميول المنتظمة والتي لا يوجد بها عوائق. ويختار قطر العجل بحيث يلائم ارتفاع المحصول وأيضا بحيث تصنع اللفات الكاملة للعجل المسافة بين خطوط الرش. فمثلا إذا كانت المسافة بين خطوط الرش المطلوبة ١٨ متر (٦٠ قدم) يستعمل عجل قطره ١٩ متر (٧٦ ر٤ بوصة)

ليف ثلاثة لفات كاملة. ويلتزم المحاصيل الكثيفة التي تزرع على أرض منبسطة خط رش طوله لا يزيد عن ٤٨٠ متراً أما في الأراضي الغير منتظمة الميل والمحاصيل التي تزرع على خطوط مثل البطاطس فيوصى باستعمال خط رش طوله لا يزيد عن ٤٠٠ متر. وفي العادة يكون خط الرش بقطر ١٠٠ أو ١٢٥ مم (٤ أو ٥ بوصة) ومصنوع من الألمنيوم و في حالة استعمال الطول القياسي للخط وهو ٤٠٠ متر للمحاصيل الكثيفة يوضع على الأقل ٣ قطع من المواسير على جانبي المحرك الموضوع في منتصف الخط بسمك لا يقل عن ١٨ مم من الألمنيوم الملحوم الشديد التحمل.

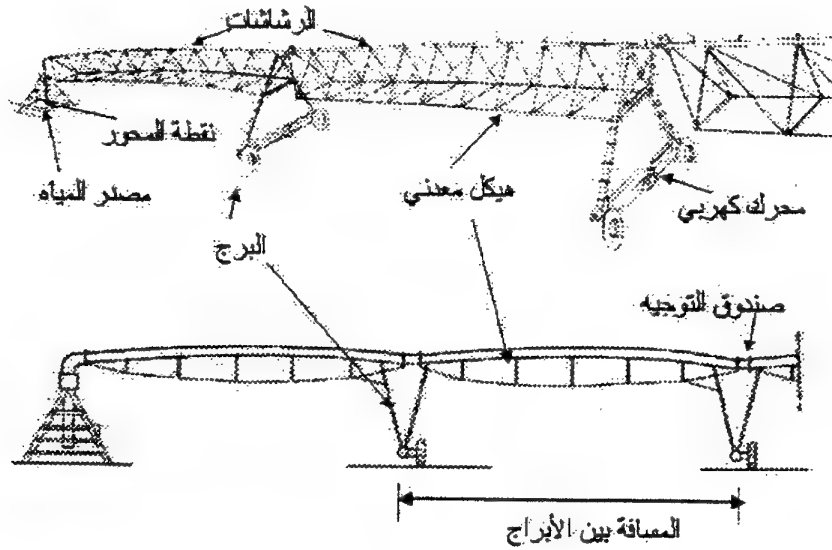


خط الرش المتدحرج على عجل Side roll

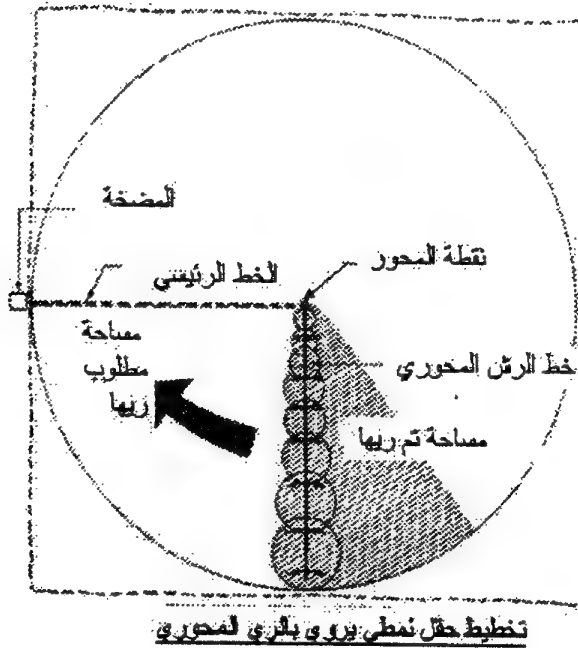


تخطيط الحقل
نمطي يروي
بخط الرش
المتدحرج على
عجل

ويزود خط الرش بمحابس لصرف المياه منه عند كل وصلة كما في الشكل وذلك لصرف المياه من الخط قبل تحريك الجهاز من شريحة الى أخرى. وفي بعض الأحيان يزود الرشاش بنقل ليحمله رأسياً دائماً بصرف النظر عن لفات خط الرش كان تكون جزءاً من اللفة و تسمى self-aligning sprinklers . بالإضافة الى أنه يجب تزويد خط الرش بعدد اثنين على الأقل من الركائز أو المساند wind braces على طرفي خط الرش وذلك لمنع حركة الجهاز أثناء الرش بواسطة الرياح وخاصة اذا كانت الارض مائلة. وعند الانتهاء من رى الشريحة يجب إعادة الجهاز لموضع البداية. و الشكل يوضح طريقة تشغيل النظام.

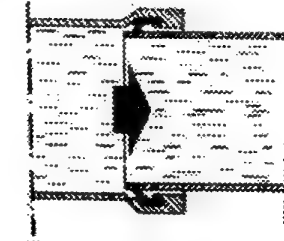


الأجزاء الرئيسية لجهاز الري بالرش المحوري



تخطيط حقل نمطي يروي بالري المحوري

حصان لإدارة عجلتين محمل عليهما البرج، وذلك في حالة الأجهزة التي تدار كهربائياً، وهي الأكثر انتشاراً. والجهاز المحوري يمكنه الدوران في

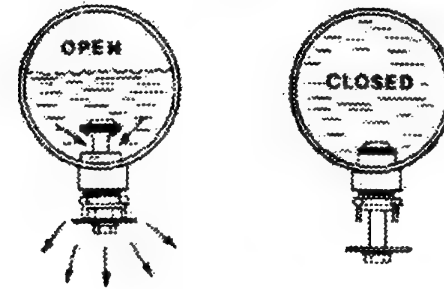


SELF-DRAWING GASKET

صمام تصريف المياه الذاتي في
خط الرش المحصول على عجل

أ - باستخدام الجوان

AUTOMATIC DRAINING VALVE

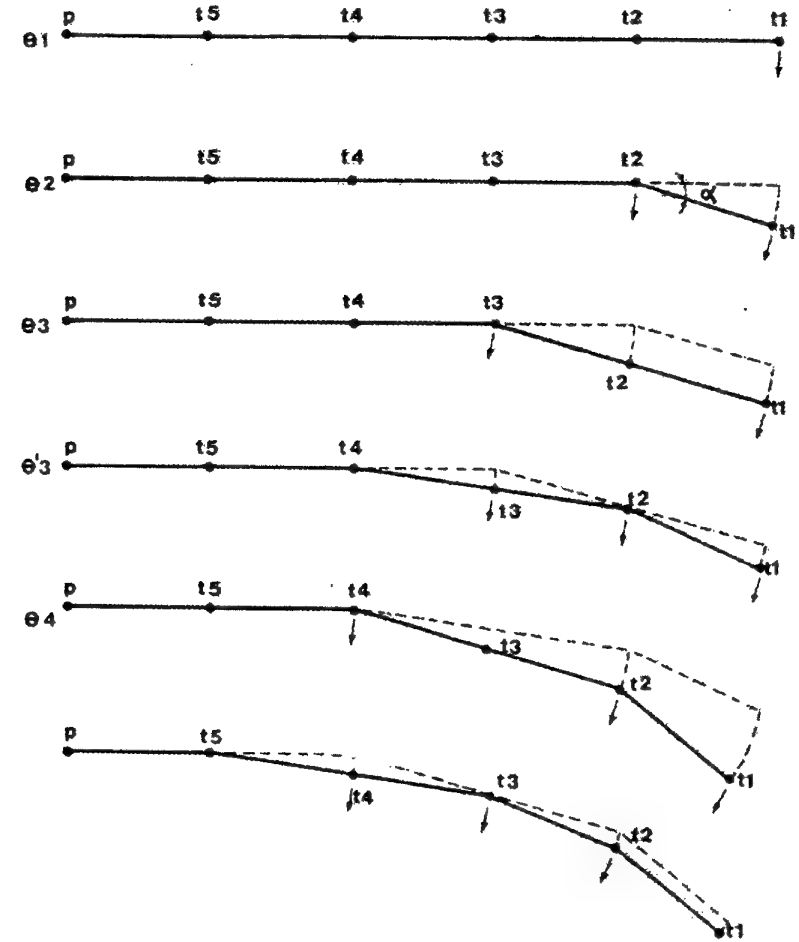


ب - باستخدام ضغط المياه

الري بالرش المحوري Center-Pivot

يتركب الجهاز المحوري كما في الشكل من خط أنابيب يحتوى على رشاشات ومثبت من أحد طرفيه والطرف المثبت يسمى بنقطة المحور والطرف الحر يسمى بالنهاية الطرفية. ونقطة المحور عبارة عن قاعدة خرسانية مثبت عليها المحور وهو نقطة تزويد الجهاز بمياه الري. ويقوم الجهاز المحوري برش مياه الري أثناء حركته الدائرية المستمرة حول نقطة المحور. وخط الرش المحوري محمول عن الأرض بارتفاع حوالى ٣ متر بواسطة أبراج على مسافات ٥٠ متراً في المتوسط. ومثبت على كل برج موتور كهربائي قدرته ١٠ إلى ١٥

اتجاهين، وأثناء الدوران يعمل البرج الأخير كقائد، وينفذ تعليمات المؤقت الزمني في لوحة الضبط والتحكم. واستقامة الجهاز المحوري تتم من قبل الأبراج التي تتلمس مساراتها بحرية بالنسبة للبرج الأخير ومحور الجهاز، وفي حالة حدوث خلل في استقامة الجهاز يتوقف الجهاز عن الحركة.



تبدأ حركة البرج حينما تزيد الزاوية بين البرجين α عن قيمة محددة ويقف عن الحركة عندما يكون البرجين المجاورين على استقامة واحدة.

θ الزمن P نقطة المحور t3 البرج رقم ٣ α الزاوية بين برجين متجاورين

α ANGLE BETWEEN TWO ADJACENT PIPE ELEMENTS.

المصدر: FAO.36. Mechanized Sprinkler Irrigation

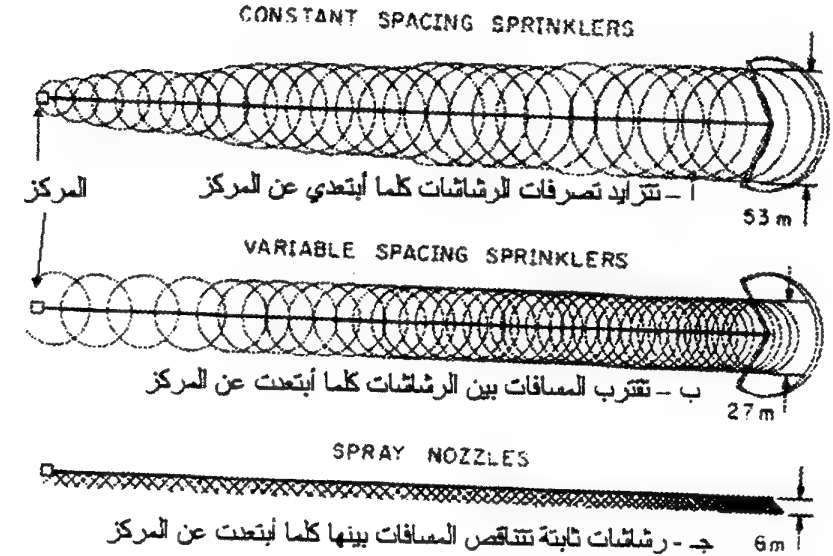
وكلما ابتعد البرج عن نقطة المحور ازدادت حركة دورانه. ولذلك ولكي يقوم الجهاز بإضافة كميات متساوية من المياه للتربة يتزايد معدل رش المياه للرشاشات، كلما زاد بعد الرشاش عن المحور أو تقترب المسافات بين الرشاشات كلما زاد بعدها عن المحور كما هو موضح في الشكل. ومما تقدم يتضح أن الرشاشات مرتبة على المحور بأرقام معينة، وأن هذا الترتيب في غاية الأهمية ولا يمكن تعديله. وفي حالة استبدال أية رشاشات عند تلفها يجب استبدالها بالأرقام والمواصفات نفسها.

يعتمد الضغط اللازم لتشغيل الجهاز المحوري على نوع الرشاشات المستعملة، وأيضا على طول الجهاز. والنظام المحوري ذو الضغط المنخفض والرشاشات الثابتة ذات الأنابيب الساقطة بالقرب من قمة المحصول يلانم تماما ظروف الصحراء. حيث إن الضغط المنخفض يقلل من استهلاك الطاقة، والرشاشات الثابتة ذات معدل الرش المرتفع تلائم التربة الرملية الخفيفة وأستعمال الأنابيب الساقطة يقلل من فاقد المياه بالبخر وانجراف الرياح. وللحصول على توزيع جيد للمياه يراعى عند أستعمال الرشاشات الثابتة أن تكون المسافات بينها متقاربة على المحور، وتساوى تقريبا قدر مره ونصف من ارتفاع الرشاشات عن قمة المحصول.

وفي العادة يتم حساب الزمن الأعلى للفة تحت ظروف التشغيل في الحقل حيث أن الزمن النظري للفة يختلف عن الزمن الفعلي، لإختلاف ظروف التربة ومقاسات العجل وانزلاقه. وللتغلب على هذه المشكلة يقاس الزمن الفعلي لدوران الجهاز عند ضبط نسبة التوقيت في المؤقت الزمني داخل لوحة الضبط والتحكم عند نسبة ١٠٠%.

تقوم نسبة التوقيت في المؤقت الزمني بتنظيم سرعة الجهاز عن طريق التحكم في نسبة الزمن الذي يتحرك فيه البرج في الدقيقة الواحدة. فمثلا إذا قمت بضبط نسبة التوقيت على ١٠٠% فمعنى ذلك أن البرج الأخير يتحرك ٦٠ ثانية في الدقيقة، أى يتحرك باستمرار دون توقف. أما إذا تم الضبط على نسبة توقيت ٧٥% من الدقيقة فإن البرج الأخير يتحرك ٤٥ ثانية كل دقيقة، أى يتحرك ٧٥% من الدقيقة وهكذا. فإن كان الجهاز يقوم بإكمال اللفة في زمن ١٢ ساعة عند ضبط نسبة التوقيت على ١٠٠% فإنه يقوم بإكمال اللفة في

زمن ١٦ ساعة عند ضبطه على نسبة توقيت ٧٥% (١٢ + ٠.٧٥ = ١٦) وهكذا. ويمكن صياغة ذلك في صورة معادلات كما يلي :-



نظام توزيع الرشاشات في جهاز الرش المحوري

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{dg_1}{dg_2}$$

حيث H زمن اللفة للجهاز بالساعة

n نسبة التوقيت % time setting

dg عمق ماء الري الذي يضيفه الجهاز

حساب التصريف الكلي Q المطلوب للجهاز المحوري

$$Q \times H = \pi R^2 \times \frac{ET_o \times K_c}{E_a}$$

حيث:

Q = التصريف الكلي لتر/ث = H ساعات الري اليومي (بحد أقصى ٢٢ ساعة في اليوم)

R = نصف قطر الري للجهاز بالمتر = ET_o أقصى بخر نتج قياسي مم/يوم

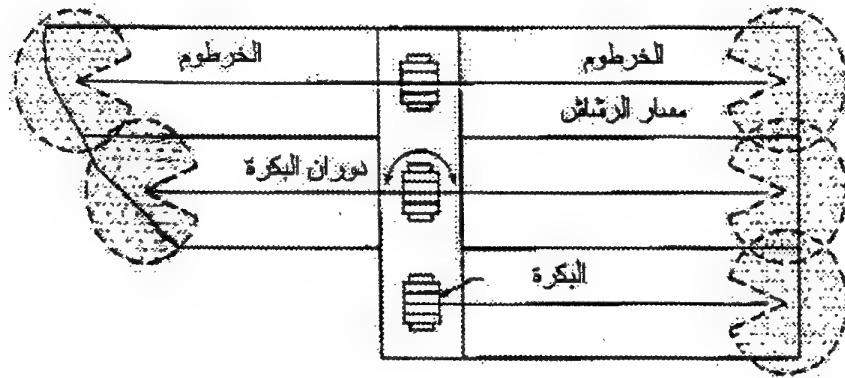
E_a = كفاءة اضافة المياه Kc = معامل المحصول

$$Q = \frac{\pi R^2 \times ET_o \times K_c}{3600 \times H \times E_a}$$

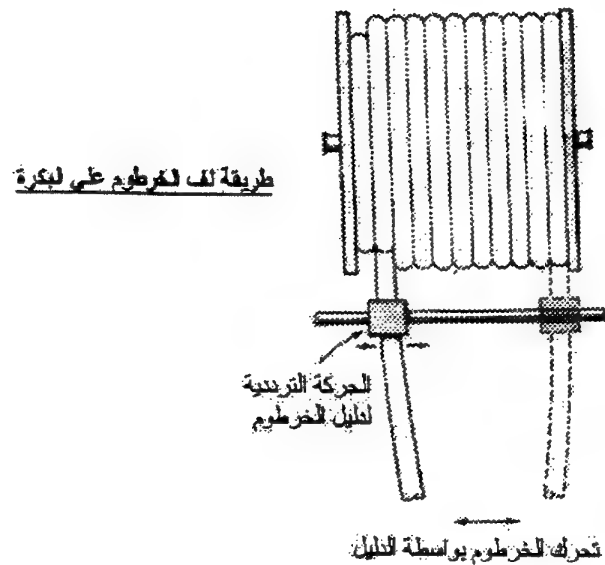
الري بالرشاش المدفعى المتجول Traveler - Gun

عبارة عن رشاش عملاق مزود بخراطوم يمدّه بالمياه ومحمول على عربة بثلاث عجلات يمكن ضبط المسافات بين العجلات لتلائم المسافة بين صفوف النبات وتتحرك العربة في خط مستقيم أثناء الرش المستمر عن طريق بكره تقوم بسحب الخرطوم بسرعة منتظمة كما في الشكل رقم (١٥). والشائع استخدامه هو خرطوم قطره من ٣-٤ بوصة مصنوع من البولي إيثيلين العالي الكثافة و يتحمل ضغط يصل الى ١٥ جوى وطوله يصل الى ٤٠٠ متر وتدار هذه البكره الثابتة على رأس الحقل عن طريق تربيئة مياه (كما في الشكل رقم ١٥) تدار بفعل اندفاع المياه الواصلة اليها من مصدر المياه فتقوم البكره بلف الخرطوم (اللى) حولها كما في الشكل. وتصرف الرشاش العملاق يتراوح بين ١٢ - ٣٦ لتر/ث. وقطر دائرة ابتلال تصل الى ١٢٠ متر ويعتمد التداخل بين الشرائح على قطر دائرة الابتلال للرشاش وعلى سرعة الرياح السائدة وغالبا ما تستعمل رشاشات ثلث جزء من الدائرة ولذلك يمكن مرور الرشاش على أرض جافه. وعند وصول الرشاش المدفعى للبكره يصطدم بذراع يقوم بإيقاف البكره عن الحركة. بحيث يحصل في النهاية على سرعة منتظمة ثابتة للرشاش يتراوح بين ١٣ - ٠.١ م/د وتتطلب هذا النظام ضغطا كبيرا فبالإضافة الى ضغط تشغيل الرشاش من ٥-٧ جوى يضاف الضغط اللازم للتغلب على الاحتكاك في الخرطوم ويقدر ب ٤ - ١٧ ر٢

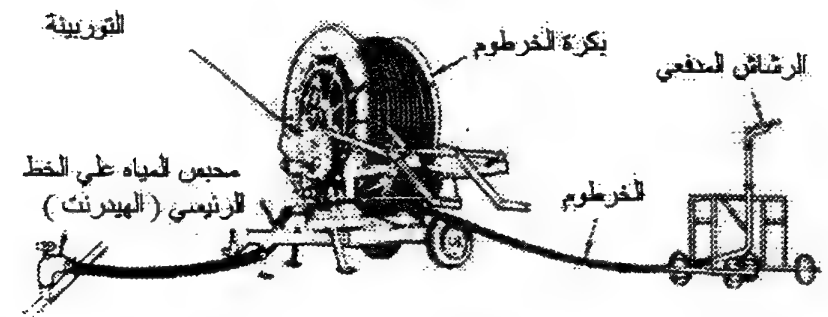
تخطيط حقل نمطي يروي بالرشاش المدفعي المتجول



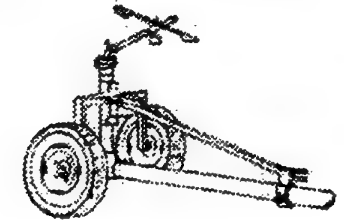
تخطيط حقل نمطي يروي بالرشاش المدفعي المتجول



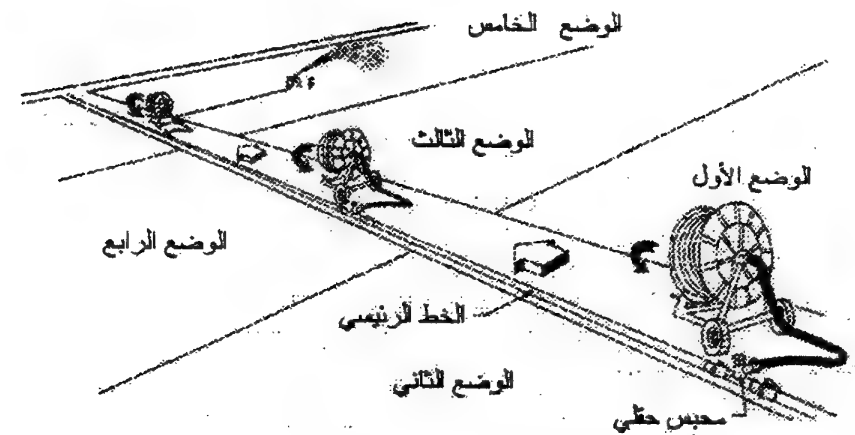
ض.ج وذلك فهو يناسب المساحات ذات الاحتياج الموسمي الصغير وذلك لتقليل تكاليف الطاقة. وهذا يفسر استخدامه أساسا في الري التكميلي وأنشأه في المناطق الرطبة مثل أوروبا وشرق الولايات المتحدة الأمريكية.



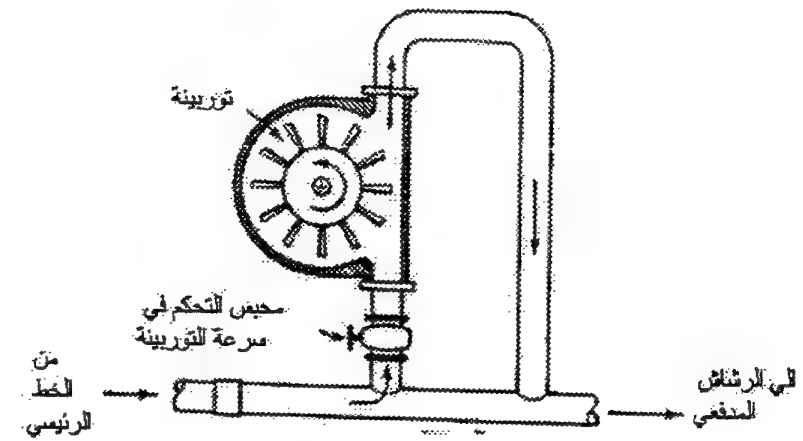
الرشاش المدفعي المتحرك



للرشاش المدفعي محل على عجلتين



طريقة تشغيل الرشاش المدفعي المتجول



توربينة ذارة الرشاش المدفعي المتحرك

وطريقة التشغيل كما هو موضح في شكل تتم بسحب الآلة الى الحقل بالجرار ثم توصيلها بمصدر المياه ثم تنزل عربة الرشاش الى الارض ونشبكها بالجرار ثم نقوم بسحبها الى نهاية الحقل أو الخرطوم. ونقوم بفتح المياه للآلة ثم نضبط عداد السرعة عن طريق التحكم في سرعة التوربينة للحصول على سرعة أمامية مناسبة وعداد السرعة Tachometer يعمل على أساس أنه مؤشر لعدد لفات توربينة المياه في الدقيقة RPM فكلما زاد عدد اللفات للتوربينة زادت السرعة الأمامية. وتتوقف البكرة Reel عن الحركة أوتوماتيكيا عندما يلف كل الخرطوم Hose حول البكرة أى عندما يصل الى نهايته وبعد اتمام عملية الري فى إحدى الاتجاهين يمكنك إدارة الآلة لتقوم بعملية الري فى الاتجاه المقابل وعملية إدارة الآلة لا تتطلب إدارة شاسيه الآلة بل يوجد مفصل لتسهيل عملية الدوران.

والرشاش المدفعي يمتاز بسهولة نقله من حقل الى آخر بالإضافة الى أنه من السهل تشغيله فى الحقول ذات الأشكال غير منتظمة وهو يصلح تقريبا لمحاصيل كثيرة إلا أن الفاقد فى البخر و انجراف الرياح يعد كبيرا نسبيا بالإضافة الى استخدامه فى ري المحاصيل يستخدم فى رش (نثر) الفضلات بالمزرعة. ففوهة الرشاش العملاق كبيرة تساعد على عدم انسدادها وحيث أن الفضلات تحتوى على مواد صلبة فإنها قد تسبب فى سد وإتلاف التوربينة

وذلك يستخدم فى هذه الحالة مصدر آخر للقدرة مثل عمود الاداره الخلفى PTO للجرار أو محرك إضافي قدرته حوالى ٣ حصان. كما أنه يستخدم عمود الادارة الخلفى PTO فى الحالة الطارئة مثل هطول الأمطار المفاجئة مما يستلزم لف الجهاز بسرعة بدون رى أى دون أستعمال التوربينة. ومن عيوب الرشاش المدفعي أيضا أنه فى حالة أنخفاض ضغط التشغيل عن المقرر يقل قطر الابتلال للرشاش ويتسبب فى وجود بقع لا تصلها المياه وأيضا خروج قطرات مياه كبيرة الحجم من فوهة الرشاش بنسبة كبيرة تتسبب فى إتلاف المحاصيل وحدث الرقاد بها.

١- حساب تصرف الرشاش المدفعي اللازم لري مساحة معينة

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times L \times W}{3600 \times H \times E_a}$$

حيث L طول الحقل بالمتر

W عرض شريحة الابتلال بالمتر

Et_o أقصى بحر نتح قياسي مم/يوم

KC معامل المحصول المقابل لأقصى استهلاك مائي يومي للمحصول

H أقصى عدد ساعات تشغيل يومي للجهاز ويجب ألا تزيد عن ٢٢

ساعة/يوم

E_a كفاءة الري للجهاز وتتراوح بين ٧ - ٨.

Q تصرف الرشاش المدفعي لتر/ث

٢- حساب السرعة المطلوبة للجهاز

$$Q \times T \times 60 = L \times W \times d_g$$

$$Q = \frac{L}{T \times 60} \times W \times d_g$$

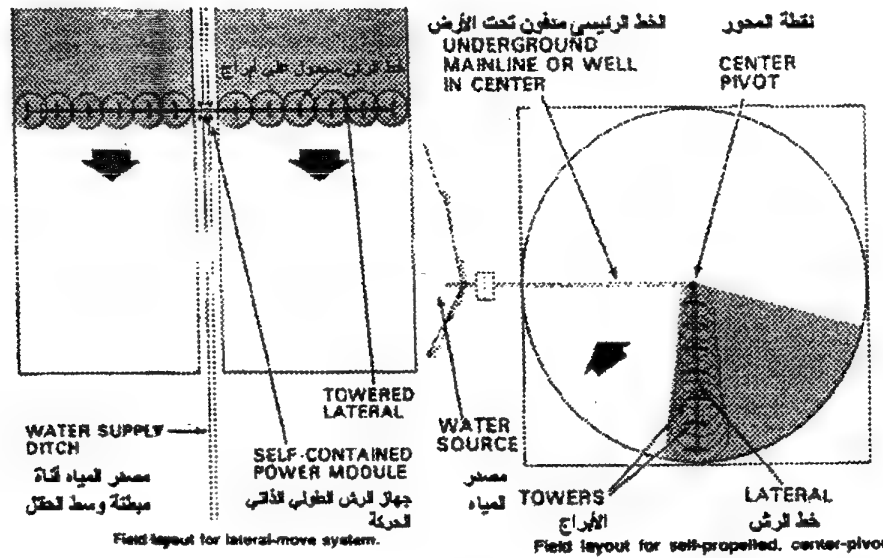
$$Q = \frac{S \times W \times d_g}{60}$$

حيث S سرعة تحرك الرشاش المدفعي متر/دقيقة

Q تصرف الرشاش المدفعي لتر/ث

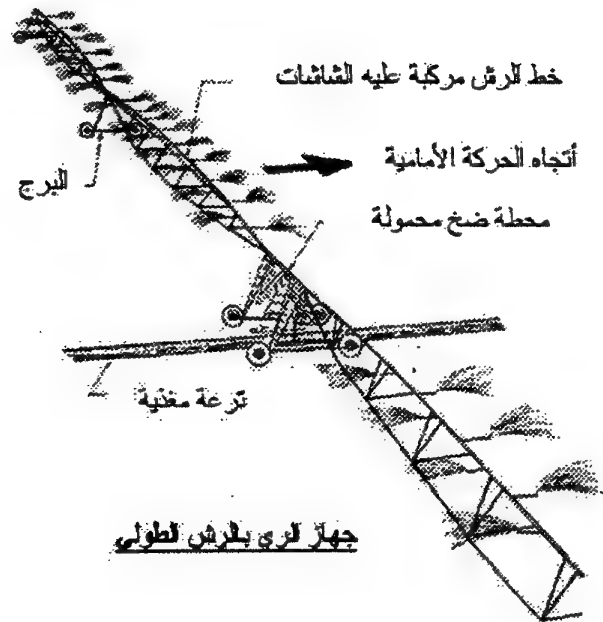
W عرض شريحة الابتلال للرشاش المدفعي بالمتر

d_g عمق ماء الري الأجمالي مم



تخطيط حقل يروي بالرش الطولي

تخطيط حقل يروي بالرش المحوري



جهاز الري بالرش الطولي

٣- حساب عمق ماء الري الأجمالي d_g

$$d_g = AW \times Z \times depletion \times \frac{1}{E_a}$$

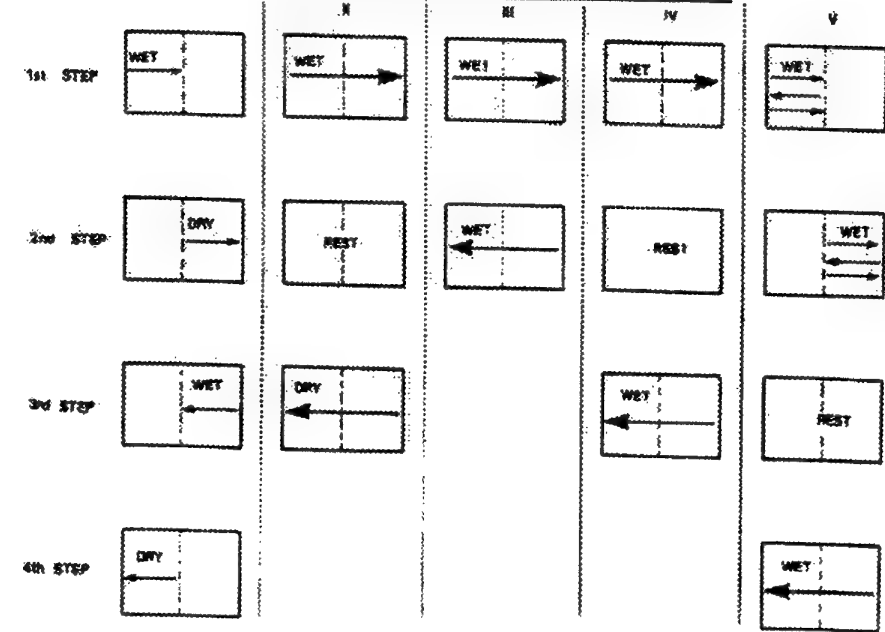
حيث AW عمق الماء المتاح بالتربة مم/متر
 Z العمق الفعال للجذور بالمتر
 $depletion$ نسبة الاستنفاد المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور حوالي ٠,٥٠

E_a : كفاءة إضافة المياه

جهاز الرش الطولي

يجمع هذا الجهاز بين خصائص الري بالرش المحوري في أن خط الرش محمول على أبراج ويتحرك بنفس النظام عدا اتجاه الحركة فهي مستقيمة وبين خصائص الرشاش المدفعي في طريقة التغذية بالمياه. ويتطلب استخدام جهاز الري بالرش الطولي أن يكون الحقل مستطيل وخالي من العوائق. ويمتاز هذا النظام بالحصول على كفاءة عالية في انتظام توزيع المياه وقلة التأثير بالرياح. ويزود الجهاز بالمياه إما بواسطة خرطوم كما هو الحال في الرشاش المدفعي أو بواسطة قناة مكشوفة في تشق وسط الحقل وبذلك تزود عربة الجهاز الذاتية الحركة بوحدة ضخ تقوم بسحب المياه من القناة وضخها في خط الرش. وبمقاربة الرش الطولي بالمحوري يمكن القول أن الطولي لا يترك أركان بدون ري كما في المحوري، والنظام الطولي يبدأ الري من بداية الحقل وينتهي عند نهايته ولذلك يجب العودة بالجهاز بدون ري لبداية الحقل عند الري التالية في حين أنه في حالة الري المحوري فإن الجهاز يعود لنقطة البداية عند انتهاء عملية الري لأن الجهاز يلف حول محيط الدائرة وهذه ميزة كبرى في جهاز الري المحوري. ويوجد طرق عديدة لتشغيل النظام الطولي

نظم مختلفة تشغيل خط الري بالرش لطولي



للتغلب علي هذه المشكلة منها ري نصف المسافة ثم تكمل باقي المشوار بدون ري لنهاية الحقل وعند العودة يتم ري نصف المشوار الذي ترك بدون ري ثم اكمل النصف الآخر للمشوار بدون ري وهكذا.

٢- حساب تصرف الجهاز اللازم لري مساحة معينة

$$Q = \frac{ET_o \times K_c \times L \times W}{3600 \times H \times E_a}$$

حيث L طول الحقل بالمتر

W عرض الحقل أو طول الجهاز بالمتر

ET_o أقصى بخر نتج قياسه مم/يوم

K_c معامل المحصول المقابل لأقصى استهلاك مائي يومي للمحصول

H أقصى عدد ساعات تشغيل يومي للجهاز ويجب ألا تزيد عن ٢٢ ساعة/يوم

E_a كفاءة الري للجهاز وتتراوح بين ٠,٧ - ٠,٨

Q تصرف الجهاز لتر/ث

٢- حساب السرعة المطلوبة للجهاز

$$Q \times T \times 60 = L \times W \times d_g$$

$$Q = \frac{L}{T \times 60} \times W \times d_g$$

$$Q = \frac{S \times W \times d_g}{60}$$

حيث S سرعة الجهاز متر/ دقيقة

Q تصرف الجهاز لتر/ث

W طول الجهاز بالمتر

d_g عمق ماء الري الأجمالي مم

٣- حساب عمق ماء الري الأجمالي d_g

$$d_g = AW \times Z \times depletion \times \frac{1}{E_a}$$

حيث AW عمق الماء المتاح بالتربة مم/متر Available water

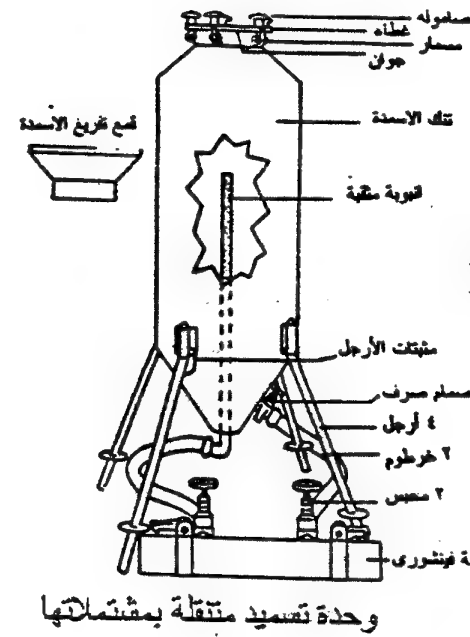
Z العمق الفعال للجذور بالمتر Effective root zone depth

depletion نسبة الاستنفاد المسموح بها للرطوبة في منطقة الجذور حوالي ٠,٥٠

حقن الأسمدة في شبكات الري بالرش :

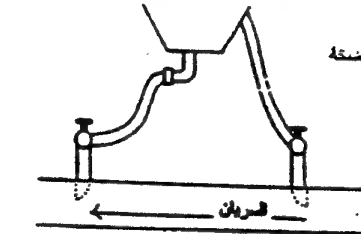
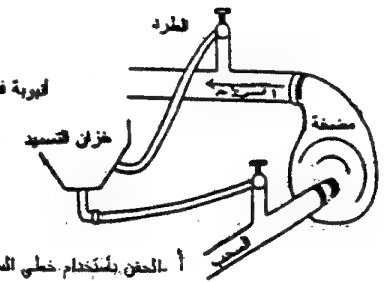
يتم حقن الأسمدة في شبكة الري بالرش عن طريق استخدام تنك تسميد محكم الغلق ويتصل بالشبكة كما هو موضح بالشكل . ويتم الحقن من خلال أنبوبة بها اختناق Venturi Pipe وتتصل بالخط الرئيسي ولكن من الممكن أيضا أن توصل بخط الرش وذلك عند الهيدرنت. وتضاف الأسمدة لتلك التسميد بالكمية المطلوب اضافتها للمساحة التي تغطيها الرشاشات حيث تضاف الأسمدة لتلك التسميد بالكمية المطلوب اضافتها للمساحة التي تغطيها الرشاشات حيث:

كمية الأسمدة (كجم) = معدل التسميد (كجم/فدان) × المساحة التي تغطيها الرشاشات بالفدان
وعندما تحقن الأسمدة خلال نظام الري يفضل الري بدون تسميد خلال نصف الزمن المقرر للري ثم تحقن الأسمدة في ربع زمن الري ثم تمرر مياه خالية من الأسمدة في الربع الأخير من زمن الري للسماح بغسيل المجموع

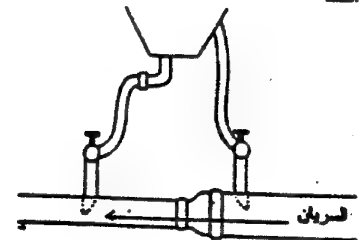


شكل (١٧)

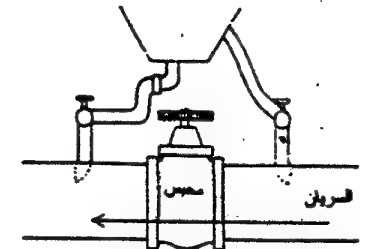
**طرق مختلفة لحقن الأسمدة
في شبكات الري بالرش**



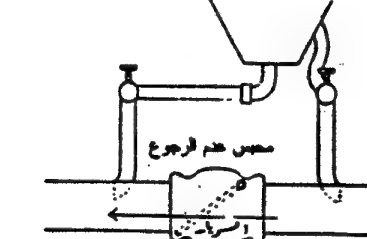
٤ - الحقن عن طريق فرق الضغط الناتج عن عكس اتجاه الدخول والخروج عن الخط



٥ - الحقن باستخدام فرق الضغط عند المضخ



٢ - باستخدام فرق ضغط المحبس



٣ - الحقن باستخدام فرق الضغط لمحبس عدم الرجوع

الخضري للنبات من بقايا الأسمدة وأيضا لضمان تخلل الأسمدة لمنطقة الجذور وأخيرا لغسيل شبكة الري من الأسمدة لمنع حدوث ترسيبات بها.

خطوات حقن الأسمدة في شبكة الري بالرش :

- ١- أغلق صمام الصرف أسفل قاع تلك التسميد
- ٢- أخلع غطاء تلك التسميد
- ٣- أفتح المحبس الموصل لأنبوبة الفنشوري.
- ٤- أملئ تلك التسميد بالمياه الى المنتصف.
- ٥- أغلق المحبس
- ٦- ضع قمع تفريغ الأسمدة في الفتحة العليا لتلك التسميد وأضف الأسمدة.
- ٧- أخلع القمع وأفتح المحبس وأملئ تلك التسميد بالمياه .
- ٨- أعد غطاء تلك مع إحكام غلقه بالصامولة.
- ٩- شغل الرشاشات لنصف زمن الري بدون تسميد ثم أفتح المحبس الموصلين لأنبوبة الفنشوري بالكامل.
- ١٠- سوف تسري الأسمدة خلال خط الري وتستخدم المحابس الموصلة لأنبوبة الفنشوري للتحكم في معدل السريان.
- ١١- بعد إضافة الأسمدة أغلق المحبس الموصلين لأنبوبة الفنشوري مع الاستمرار في تشغيل الرشاشات بالمياه النظيفة.
- ١٢- يفتح صمام الصرف لتفريغ تلك التسميد.

وضع برامج الري في حالة الري بالرش

المحصول : نرة عويجة (سورجام).

الاحتياجات المائية الشهرية (بالمم) :

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر
-	-	-	٩٦	١٨٣	٢٩٧	٢٤٢	٧٤	-

لحساب الاحتياجات المائية اليومية بالمتر المكعب في اليوم للفدان مثلا خلال شهر يونيو:

$$= \frac{297 \text{ مم في الشهر} \times 42}{30 \text{ يوم في الشهر}} = 416 \text{ م}^3 \text{ فدان}^{-1} \text{ يوم}^{-1}$$

ولحساب التصرف اللازم للفدان إذا كانت ساعات التشغيل اليومي ٨ ساعات يوميا وكفاءة الري ٧٥ % .

$$= \frac{416 \text{ م}^3 \text{ فدان}^{-1}}{8 \text{ ساعات} \times 0.75} = 69 \text{ م}^3 \text{ فدان}^{-1} \text{ ساعة}^{-1}$$

فإذا كانت المساحة المنزرعة ٥ فدان فإن التصرف المطلوب

$$= 69 \times 5 = 345 \text{ م}^3 \text{ س.}$$

أما في حالة التشغيل اليومي ١٥ ساعة في اليوم فإن :

$$\begin{aligned} \text{التصرف اللازم للفدان} &= 416 + 15 \times 75 = 37 \text{ م}^3 \text{ س} \\ \text{التصرف اللازم لزراعة ٥ فدان} &= 37 \times 5 = 185 \text{ م}^3 \text{ س} \end{aligned}$$

ومما سبق يتضح أهمية ساعات التشغيل في التحكم في التصرف اللازم فهو في حالة التشغيل ٨ ساعات في اليوم ٣٤٥ م^٣/س اما في حالة ١٥ ساعة في اليوم يكون مقداره

١٨٥ م^٣/س أي حوالى النصف.

ولحساب زمن الري اللازم في اليوم لتلبية الاحتياجات المائية للنبات وعلى فرض وجود رشاشات من النوع ٣٠ TNT وتصرفها ١٤ م^٣/س وتوضع على مسافات ١٢ x ١٢ متر.

$$14 \times 1000$$

$$\text{فإن معدل الرش} = \frac{97 \text{ م}^3 \text{ س}^{-1}}{12 \times 12}$$

وبما أن الاحتياجات المائية خلال شهر يونيو = ٢٩٧ ÷ ٣٠ = ٩٩ م^٣/يوم

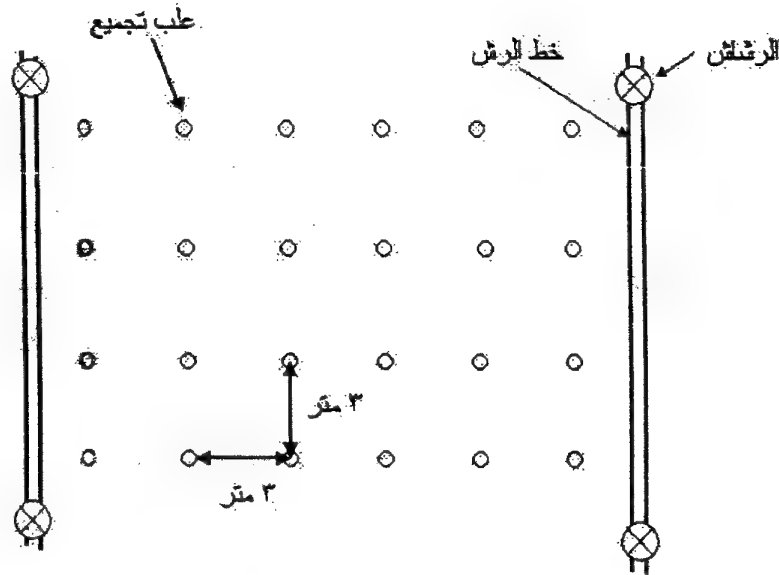
الاحتياجات المائية اليومية

$$\text{فإن زمن الري في اليوم} = \frac{\text{الاحتياجات المائية اليومية}}{\text{معدل الرش}}$$

كفاءة نظام الري x معدل الرش

$$= \frac{99}{97 \times 0.75} = 136 \text{ ساعة}$$

أي أن زمن الري في اليوم حوالى ساعة وثلاث - وإذا كانت الفترة بين الريات ثلاثة أيام فإن زمن الري يكون ٤ ساعات في كل ثلاثة أيام.



طريقة وضع لعب لتقييم توزيع المياه حقلًا في الري بالرش لنقل ولثابت

٢- شغل نظام الري بالرش لمدة زمن الري العادية لكل وضع لخط الرش بمعنى إذا كان زمن ١ ساعة فإن الوضع الأول للخط يترك لمدة ساعة ثم ينتقل إلى الوضع الثاني ويشغل لمدة ساعة أيضا وذلك في حالة نظام الري بالرش المتنقل يدويا أو المتحرك على عجل أما في حالة الري بالرش الثابت فإن الخطين الثابتين يشغلان في نفس الوقت لمدة ساعة.

٣- يتم قياس التصريف الخارج من كل رشاش في منطقة الاختبار مستخدما خرطوم وساعة توقيت وجردل. بأن يتم توجيه المياه للخارجة من فوهة الرشاش إلى الجردل وتجميع حجم المياه في زمن معين ثم نقسم الحجم على الزمن للحصول على التصريف الخارج من الرشاش وذلك للفوهتين إذا كان الرشاش ذو فوهتين.

٤- استخدام مقياس ضغط مزود بأنبوبة رفيعة خطافية لقياس الضغط عند فوهة الرشاش وذلك عند أول رشاش على خط الرش وكذلك عند الرشاش المستخدم في التجربة وكذلك عند آخر رشاش على الخط.

تقييم نظم الري بالرش Sprinkler System Evaluation

تتم عملية نظم الري بالرش لمعرفة حالة أداء نظام الري. والعوامل التي يتم تحديدها خلال عملية التقييم هي عمق ماء الري المضاف ومتوسط عمق الماء يصل إلى سطح الأرض ويكون متاح لاستهلاك النبات. ومدى الاختلاف في أعماق المياه المتساقط على الأرض. وطريقة التقييم يمكن أن تكون دقيقة جدا وتنفذ تحت شروط قياسية. وهذا النوع من التقييم يمكن أن ينفذ بواسطة الشركة المصنعة لمعدات وأجهزة الري خلال فترة اختبار هذه المعدات والأجهزة وكذلك أثناء إجراء البحوث العلمية الدقيقة. ولكن بالنسبة للمزارع في حقله فإنه يمكنه الحصول على معلومات مفيدة جدا من عملية تقييم حقل أقل دقة. فالمعلومات التي يتم تحديدها يمكن استخدامها لتحسين أداء نظام الري بالرش وأيضا لقياس التغيرات التي تحدث في نظام الري نتيجة التآكل الذي يحدث في الرشاشات أو المضخة. وتختلف عملية التقييم باختلاف نظام الري فبالنسبة لنظام خط الرش اليدوي **HAND MOVE** ونظام الري بالرش الثابت وخط الرش المحمول على عجل **SIDE-ROLL** ونظام الري بالرش الثابت **FIXED SYSTEM** فإنه يمكن إتباع الخطوات الآتية.

- ١- ضع لعب (علبة مشروبات بلاستيك مثل الكوكاكولا أو لعب زيت محرك سعة ١ لتر) بين وضعين لخط الري بالرش بحوالي ثلث المسافة من أول خط الرش إلى نهايته. وبعد حوالي ١ متر من خط الرش وحوالي ١ متر من الرشاشات وبعد ذلك توضع اللعب على رؤس المربعات على مسافات ٣ متر. والشكل الموضح هو لمسافات ١٨ * ١٢ متر (١٨ متر بين الخطوط - ١٢ متر بين الرشاشات)

٥- بعد أن يتم تشغيل خط الرش في الوضعين زمن الري العادي يتم إيقاف الرش وقياس حجم المياه المتجمعة في كل علبة بالمليتر بواسطة مخبر مدرج ويتم تحويل هذا الحجم الى عمق المياه بالملي وذلك على مساحة فتحة العلبة أو يتم قياس عمق مياه الري مباشرة داخل العلبة في حالة إذا كانت العلبة جدرانها عمودية على القاعدة كما في حالة علب زيت المحرك وليست مسلوكة كما في حالة علبة الكوكاكولا.

بعد إجراء هذه التجربة فإن الخطوة التالية هي تحليل هذه المعلومات ووضعها في صورة عملية للاستفادة منها. ومثال ذلك كما يلي:- في نظام ري بالرش اليدوي HAND MOVE كان زمن الري ٣ ساعات لكل وضع لخط الرش وكان تصرف الرشاش في منطقة التجربة ٢٨ متر^٣/س، ٣٣ م^٣/س - ولهذا فإن التصرف المتوسط للرشاش ٢٩ م^٣/س - وكانت المسافات ١٨ x ١٢ متر ومن هذه المعلومات يمكن حساب عمق ماء الري الأجمالي المضاف كالاتي:

عمق الري = (تصرف الرشاش (م^٣/ساعة) × زمن الري (س)) / (مساحة خدمة الرشاش م^٢)

$$= (29 \times 3 \times 1000) / (12 \times 18) = 403 \text{ مم}$$

وكان عمق الماء المتجمع في العلب كما في الجدول التالي :

٤٤	٤٢	٣٤	٣٦	٤١	٤٣
٤١	٣٦	٣٠	٣٠	٣٦	٣٩
٣٨	٣٥	٣٥	٣١	٣٤	٣٧
٤٠	٣٨	٣٣	٣٠	٣٧	٤٠

وبذلك يكون مجموع أعماق المياه المتجمعة في العلب ٨٨١ مم . ويكون متوسط عمق الماء المتجمع = $881 / 24 = 36.7$ مم . ويتضح من ذلك أن عمق الماء المضاف من الرشاشات هو ٤٠٣ مم يصل الى سطح التربة ٣٦٧ مم وأن الباقي وهو ٣٦ مم ويمثل ٩% من عمق المياه المضاف اما قد قد تم تبخره أو أنجرافه مع الرياح . وكان أقل عمق مياه يصل الى سطح الأرض هو ٣٠ مم وأقصى عمق مياه مقداره ٤٤ مم. مع العلم بأن عمق ماء الري المتوسط المضاف من الرشاش هو ٤٠٣ مم. ويمكن حساب كفاءة اضافة المياه وذلك بحساب متوسط أقل ستة أعماق مياه (٢٥% من عدد العلب الكلي وهو ٢٤) وقسمتها على متوسط عمق الماء المضاف من الرشاش كالاتي :

$$\frac{34 + 33 + 31 + 30 + 30 + 30}{6} = \frac{31.3}{40.3} = 77\% = \text{كفاءة اضافة المياه}$$

أي أن كفاءة اضافة المياه ٧٧% وعلى فرض أن استهلاك المحصول من المياه ٨ مم في اليوم وباستخدام كفاءة اضافة المياه المتحصل عليها فإن المطلوب عمق مقداره = $8 / 77 = 10.3$ مم يوميا.

وبطريقة أخرى لحساب ذلك فإن عند اضافة ٤٠٣ مم فإن ٣١٣ مم فقط هي المتاحة لاستهلاك النبات في ربع المساحة المروية. وعند معدل استهلاك مائي يومي ٨ مم في اليوم فإن الحقل يروي كل = $8 \div 313 = 4$ يوم.

ومن الخطأ حساب الفترة بين الريات على أساس عمق ماء الري المضاف كالاتي

$$= 30.4 \div 8 = 3.8 \text{ يوم.}$$

ومن واقع معرفة أعماق المياه في علب القياس يمكن معرفة كفاءة توزيع المياه وذلك من حساب معامل الانتظام Cu حيث :

$$Cu = (1 - \frac{\sum |X - m|}{n.m}) 100$$

معامل الانتظام = ١٠٠ (١- مجموع الانحرافات المطلقة لأعماق المياه عن متوسط الماء المتساقط) / (متوسط عمق الماء المتساقط x عدد علب التجميع المستعمله).

حيث أن:

$$m = \text{متوسط عمق الماء المتساقط.}$$

$$n = \text{عدد علب التجميع المستعمله.}$$

$$x = \text{قيم عمق الماء في العلبه الواحدة.}$$

وبالطبع كلما اقترب معامل الانتظام من ١٠٠ فإن ذلك يدل على خفاء التصميم والاختيار الموفق لظروفه وعموما فإنه إذا كان معامل التوزيع حوالى ٨٥% يعتبر التصميم جيدا وبالطبع كلما قلت المسافات بين النباتات كلما وجب أن يكون معامل الانتظام أعلى من ذلك. ومن العوامل التى تقلل من قيمة الانتظام حركة الرياح وعدم انتظام دوران الرشاش أو انحرافه وفى حالة المثال السابق فإن معامل الانتظام يحسب كالاتى :-

أولا: نحسب مجموع الانحرافات المطلقة عن المتوسط بأن نطرح قيمة المتوسط وهو ٣٦.٧ من قيمة كل قراءة لعمق المياه فى العلب ويكون الناتج كالاتى وذلك دون الالتفات الى الإشارة.

٦ر٣	٤ر٣	٧.	٢ر٧	٥ر٣	٧ر٣
٢ر٣	٧.	٦ر٧	٦ر٧	٧.	٤ر٣
٣.	٢ر٧	٥ر٧	١ر٧	١ر٧	١ر٣
٤ر٣	٣.	٦ر٧	٣ر٧	١ر٣	٣ر٣

وبجمع قيمة الانحرافات السابقة عن المتوسط ينتج = ٨١ وبالتطبيق فى المعادلة فإن

$$cu = (1 - \frac{81}{24 \times 36.7}) = 90.8\%$$

وهذه بالطبع قيمة جيدة لمعامل الانتظام.

١٢

تصميم نظم الري بالرش

Sprinkler Irrigation Systems Design

خطوات تخطيط وتصميم نظم الري بالرش الثابت والمتنقل

١- تحديد أقصى معدل رش يمكن استخدامه تبعاً لقوام التربة وحالة سطحها وانحدارها.

في الري بالرش يجب ألا يتعدى معدل الرش application rate من الرشاشات معدل تسرب المياه في التربة (نفذية التربة) infiltration rate وذلك حتى لا يحدث جريان سطحي Run-off يتسبب في انخفاض كفاءة توزيع المياه. ولهذا فعند تصميم نظم الري بالرش يجب مراعاة ذلك والجدول التالي يوضح أقصى معدل رش يمكن استخدامه Maximum precipitation rates to use بالمم/س تبعاً لقوام التربة وذلك

لتربة مكشوفة bare بدون غطاء نباتي cover وأيضا لتربة مستوية بدون انحدار.

قوام التربة أقصى معدل رش

م/م	
١٠ - ٢٠ م/م	تربة رملية خفيفة Light sandy soils
٥ - ١٠ م/م	تربة متوسطة القوام Medium textured soils
٢,٥ - ٥ م/م	تربة ثقيلة القوام Heavy textured soils

ويلاحظ أنه في حالة التربة ذات الغطاء النباتي cover يمكن زيادة هذا المعدل ليصل إلى الضعف في بعض الأحيان.

أما تأثير انحدار التربة فهو تخفيض هذا المعدل كما يلي:

انحدار	صفر - ٥%	تخفيض صفر
انحدار	٦ - ٨%	تخفيض ٢٠%
انحدار	٩ - ١٢%	تخفيض ٤٠%
انحدار	١٣ - ٢٠%	تخفيض ٦٠%
انحدار	أكبر من ٢٠%	تخفيض ٧٥%

٢- تبعا لسرعة الرياح السائدة في المنطقة تحدد نسبة المسافة بين الرشاشات إلى قطر دائرة الابتلال للرشاشات (التداخل)

سرعة الرياح السائدة (كم/س)	$\frac{S_m}{WD}$	$\frac{S_r}{WD}$
صفر - ٨	٦٠%	٦٥%
٨ - ١٦	٥٠%	٥٠%
أكبر من ١٦	٣٥%	٥٠%

حيث: S_m : المسافة بين الرشاشات على خط الرش Lateral line

S_r : المسافة بين خطوط الرش على الخط الرئيسي Main line

WD: قطر دائرة الابتلال للرشاش Sprinkler wetted diameter
وفي أغلب الأحيان تقوم بالتصميم على أساس ٠,٥٠ من قطر دائرة الابتلال أي أن المسافات بين الرشاشات = نصف قطر دائرة الابتلال للرشاش ويطلق على هذه القاعدة Head to Head أي يحدث تدخل كامل بين دوائر ابتلال الرشاشات. كما أنه يجب التنبيه إلى أن جداول قطر دائرة الابتلال التي تنشرها الشركات المصنعة للرشاشات هي عند سرعة رياح صفر حيث يجري اختبار الرشاش داخل المعمل indoor وليس في الحقل.

٣- نختار المسافات بين الرشاشات

وحيث أن طول قطع المواسير القياسية ٦ متر وفي بعض الأنواع ٣، ٦، ٩، ١٢ متر. فإن المسافات غالبا تكون مضاعفات ٣ متر لكي لا تقع بعض الرشاشات مكن الوصلات بين المواسير. وإليك بعض المسافات المتبعة.
٦ × ٦ م - ٩ × ٦ م - ٩ × ٩ م - ٩ × ١٢ م - ١٢ × ١٢ م -
١٢ × ١٥ م - ١٢ × ١٨ م - ١٥ × ١٥ م - ١٥ × ١٨ م - ١٨ × ١٨ م -
٢٤ × ٢٤ م - ٢٤ × ١٨ م - ٢٤ × ٢٤ م.

والمسافات الصغيرة هي للرشاشات الصغيرة وكلما زادت المسافات يجب استخدام رشاشات كبيرة كما سوف يتم توضيحه.

وقد تصل المسافات في الحدائق والمساحات الخضراء إلى 3×3 م وأيضاً قد تصل في الرشاشات العملاقة Gun إلى ٤٢ متر وأيضاً إلى ٦ متر.

٤- نختار قطر دائرة الابتلال للرشاش المطلوب

ونلك من الخطوة رقم ٢ ورقم ٣. فمثلاً إذا قمنا باختيار مسافات ١٢ × ١٥ م وكانت سرعة الرياح السائدة ٥ كم/س فإن نسبة التداخل تكون ٠,٦٠ - ٠,٦٥ كما يلي:

$$WD = \frac{12}{0.60} = 20 \text{ m}$$

$$WD = \frac{12}{0.65} = 23 \text{ m}$$

وبذلك نختار قطر الابتلال الأكبر وهو ٢٣ متر.

٥- نحسب تصرف الرشاش المطلوب

بمعلومية معدل الرش من الخطوة رقم ١ والمسافات بين الرشاشات من الخطوة رقم ٤ نحسب تصرف الرشاش كما يلي:

$$q = \frac{s_l \times s_m \times I}{1000}$$

حيث: q : تصرف الرشاش (م^٣/س)

I : معدل الرش (مم/س)

s_l, s_m : المسافات بين الرشاشات بالمتري

فعند اختيار معدل الرش نجد أن التربة الخفيفة أقصى معدل رش لها يتراوح بين ١٠ - ٢٠ مم/س وذلك تبعاً لقوام التربة فمثلاً الرقم ٢٠ مم/س يكون للتربة الرملية الخشنة أما التربة الرملية الناعمة والتي يوجد بها بعض الحمرة أو الطفلة فيجب أن الرقم الأصغر وهو ١٠ مم/س قطي فرض أننا اخترنا معدل رش ١٠ مم/س فإن تصرف الرشاش المطلوب يكون:

$$q = \frac{12 \times 15 \times 10}{1000} = 1.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

٦- نختار من الكاتالوجات الرشاش الذي يعطى التصرف المطلوب وقطر دائرة الابتلال المطلوبة ومن ذلك نحدد قطر فواتي الرشاش وزاوية القذف للرشاش وضغط التشغيل

تقوم الشركات المصنعة للرشاشات بطبع جداول تحدد فيها مواصفات الرشاشات ومعدل أدائها. لذلك سوف نلخص هنا الرشاشات الشائعة الاستخدام أ- رشاشات صغير (٠,٥٠ بوصة) 20 H-RB

وهي رشاشات دوارة تحتوي على فونية واحدة توضع على مسافات صغيرة ٦ أو ٩ متر وهي قلما تستخدم في الزراعات الحقلية بل تستخدم في الصوب Green houses والحدائق والمساحات الخضراء ومقاومة الصقيع Frost protection. وزاوية القذف لها ٢٣ درجة وتوصل بقاتم رشاش ٢/١ بوصة ولها سن خارجي male NPT وهذه الرشاشات قد تكون نحاسية أو بلاستيك وقد تلف الدائرة الكاملة Full circle أو جزء من الدائرة Part circle ومواصفاتها كما في الجدول التالي:

20 H - 1/2 inch

Pressure Bars	Nozzle 2.4 mm (3/32 in)		Nozzle 2.8 mm (7/64 in)		Nozzle 3.2 mm (1/8 in)	
	Flow m ³ /h	Rad. m	Flow m ³ /h	Rad. m	Flow m ³ /h	Rad. m
1.5	0.27	10.5	0.37	11.1	0.48	11.2
2.0	0.31	10.8	0.42	11.4	0.55	11.6
2.5	0.35	11.1	0.47	11.6	0.62	11.8
3.0	0.38	11.3	0.52	11.8	0.68	12.0
3.5	0.41	11.4	0.56	11.9	0.73	12.1
4.0	0.44	11.5	0.60	12.0	0.78	12.3

ويلاحظ دائماً أن هذه المواصفات عند سرعة رياح صفر ويصل فيها ارتفاع الرش إلى ١,٨ متر وعند ارتفاع لقائم الرشاش riser height ٧٦ سم (٣٠ بوصة) وينصح المصنع أن لا يقل ضغط التشغيل عن ٢ بار حتى تحصل على توزيع مياه أفضل

ب- رشاشات متوسطة (٠,٧٥ بوصة) 30 H-RB

هذا الرشاش شائع الاستخدام في الزراعات الحقلية ويستخدم لنظام الري بالرش الثابت والمتنقل سواء باليد أو على عجل وزاوية القذف له ٢٧ درجة وجسم الرشاش ٤/٣ بوصة ومسند خارجي male NPT ويصنع من النحاس وقد يصنع من البلاستيك ليستخدم في الرش الثابت. ويوضع على مسافات ١٢ x ١٢ متر أو ١٥ x ١٢ متر ويصنع بفونيتين واحدة صغيرة تسمى بفوهة المدى Range وأخرى كبيرة تسمى بفوهة الانتشار spreader وهي المسئولة عن تحريك الرشاش. ويضل ارتفاع الرش من الرشاش عند أقصى مدى إلى ٢,٧ متر وقد توصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٣ بار للحصول على توزيع جيد للمياه من الرشاش. والجدول التالي يوضح أداء الرشاش.

30 H-RB

Pressure Bars	Nozzle 4.8 x 2.4 mm 3/16" x 3/32"	
	Flow m ³ /h	Rad. m
2.0	1.65	13.5
2.5	1.74	14.2
3.0	1.90	14.7
3.5	2.05	15.1
4.0	2.19	15.4
4.5	2.32	15.6
5.0	2.45	15.7
5.5	2.57	15.8

ج- رشاشات كبيرة (١ بوصة) 70 CWH-RB

هذا الرشاش شائع الاستخدام في الزراعات الحقلية ويستخدم لنظام الري بالرش الثابت والمتنقل سواء باليد أو على عجل وزاوية القذف له ٢١ درجة وجسم الرشاش ١ بوصة ومسند من الداخل female NPT ويصنع من النحاس للرش المتنقل ومن البلاستيك لنظم الرش الثابت ويوضع على مسافات ١٥ x ١٨ أو ١٨ x ١٨ م أو ١٨ x ٢٤ م. ويصنع بفونيتين صغيرة بقطر ٣,٢ مم وكبيرة بقطر ٧,١ مم أو ٦,٤ مم. ويصل ارتفاع الرش من الرشاش عند أقصى مدى إلى ٢,٤ متر وقد توصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٣,٥ - ٤ بار للحصول على توزيع مياه جيد من الرشاش. والجدول التالي يوضح أداء الرشاش

70 CWH-RB

Pressure Bars	Nozzle 6.4 × 2.4 mm 1/4" × 1/8"		Nozzle 7.1 × 3.2 mm 9/32" × 1/8"	
	Flow m ³ /h	Rad. m	Flow m ³ /h	Rad. m
3.0	3.39	18.5	4.08	19.3
3.5	3.66	19.1	4.39	19.9
4.0	3.91	19.6	4.69	20.5
4.5	4.15	20.0	4.98	21.0
5.0	4.39	20.5	5.26	21.5
5.5	4.62	20.9	5.54	21.9

١- رشاشات مدفعية (١,٢٥ بوصة) 85 EPSH-RB

تستخدم هذه الرشاشات للمحاصيل الحقلية ومحاصيل الأعلاف وتستخدم لنظم الري بالرش الثابت والمتنقل وأيضا لنظام الرش المحوري والطولي وزاوية القنف له ٢٧ درجة لجسم الرشاش ونوسن الخارجى male NPT ويوضع على مسافات ٢٤ × ٢٤ م أو قد تزيد وتوصى الشركات المصنعة بأن لا يقل ضغط التشغيل عن ٥ بار وقد يصنع ليلاف جزء من الدائرة Part-circle.

85 EPSH-RB

Pressure Bars	Nozzle 9.5 × 5.6 mm 3/8" × 7/32"		Nozzle 10.32 × 5.6 mm 13/32" × 7/32"	
	Flow m ³ /h	Rad. m	Flow m ³ /h	Rad. m
2.0	6.45	19.9	7.23	20.6
2.5	7.23	21.2	8.10	22.0
3.0	7.94	22.3	8.90	23.2
3.5	8.60	23.3	9.64	24.2
4.0	9.22	24.1	10.33	25.1
4.5	9.81	24.9	10.99	25.9
5.0	10.38	25.6	11.62	26.6
5.5	10.92	26.3	12.22	27.2
6.0	11.44	26.9	12.81	27.8

٢- رشاشات مدفعية (٢ بوصة) 102 EHM-RB

وتستخدم هذه الرشاشات المدفعية Rain Gun Sprinkler فى الرشاش المدفعى المتحرك وفى نهاية جهاز الري بالرش المحورى وفى الرش الثابت والمتنقل (تصف ثابت) أى تنتقل فيه الرشاشات فقط وليس خطوط الرش. توضع هذه المدافع على مسافات ٣٠ متر فأكثر كأن تكون ٣٠ × ٤٠ متر مثلا. وتستخدم للمحاصيل الحقلية ومحاصيل الأعلاف أساسا. وتحتاج إلى ضغط تشغيل مرتفع حيث أن قطر الفونية يصل إلى ٢٠ مم (١,٨ بوصة) لو بوصة ٢٥ مم وقد يكون التسنين فيها داخلى female NPT - ٢ بوصة وزاوية القنف ٢٣ درجة وتختبر الشركات هذه المدافع على قوائم Riser height ارتفاعها ١,٥ متر (٥ قدم). وجنول أداها كما يلى:

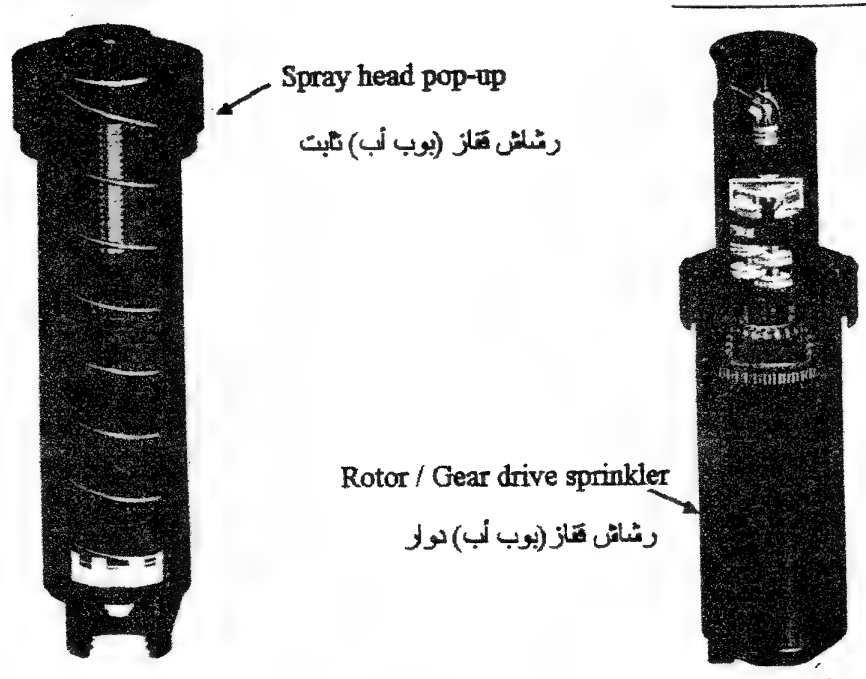
102 HM-RB – Rain Gun – 2 in

Pressure Bars	Nozzle 20 mm 0.8"		Nozzle 25 mm 1.0"	
	Flow m ³ /h	Rad. m	Flow m ³ /h	Rad. m
2.0	22.6	28.1	35.8	29.7
3.0	27.6	34.8	43.4	38.0
4.0	31.8	39.9	49.9	44.7
5.0	35.5	43.9	55.6	50.3
6.0	38.9	47.1	61.0	54.9
7.0	42.0	49.6	66.0	58.7

و - رشاشات الحدائق والمساحات الخضراء Pop-up sprinklers

تقسم رشاشات المساحات الخضراء Landscaping الي نوعين حسب طريقة عملها الي رشاش ثابت أو رذاذي Spray Head ورشاش دوار Rotor . والرشاش المتحرك أو الدوار دائما يقوم برش دائرة أبتلال أكبر من الرشاش الثابت حيث أن الرشاش الثابت يعتمد في تفتيته لتيار المياه علي اصطدامه بقرص ثابت وبالتالي فضغط تشغيله أقل أما الرشاش المتحرك فيستخدم ضغط المياه أولا في تفتيت تيار المياه بفعل مقاومة الهواء والطررد المركزي وثانيا في حركة الرشاش حيث يصطدم تيار المياه الخارج من فتحة الرشاش بمطرقة hammer تتسبب في تحريكه مع ياي لمعاودة الحركة. ويوجد بعض الرشاشات الدوارة التي تستخدم في المساحات الخضراء Rotor تلف بواسطة تروس بلاستيكية داخل الرشاش بفعل ضغط المياه أيضا والبعض الآخر يلف باستخدام المطرقة والياي كما في الرشاشات الزراعية وتسمى الرشاشات الدوارة Impact or Rotating Sprinklers . ورشاشات المساحات الخضراء قد تكون فوق سطح الأرض وقد تكون من النوع القفاز Pop-up حيث يكون الرشاش مدفون تحت سطح الأرض في حالة عدم الري

وعند الري يتسبب ضغط المياه في الضغط علي الياي ورفع الرشاش فوق سطح الأرض أثناء الرش فقط وعلي ذلك لا يكون الرشاش علق سواء أثناء عمليات الخدمة الميكانيكية كقص للنجيل وخلافه أو في الملاعب بالإضافة الي الشكل الجمالي. وتصمم رشاشات المساحات الخضراء بحيث يمكنها رش الأشكال المختلفة كما هو واضح في الشكل.



حساب معدل الرش (I) Precipitation rate

يحسب معدل الرش من المعادلة العامة التالية:-

$$I = \frac{1000 \times q}{A}$$

حيث I معدل الرش مم / ساعة

q = تصرف الرشاش م³/س

$$A = \text{مساحة الخدمة م}^2$$

ومساحة الخدمة A تتغير حسب توزيع الرشاشات ويمكن تلخيصها كما في

الجدول التالي حسب التعريفات السابقة

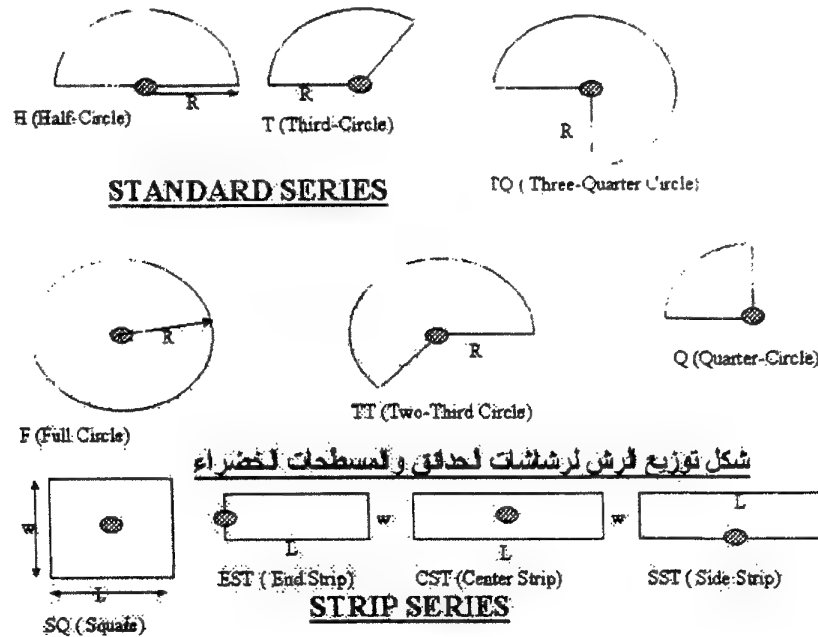
نوع الرشاش	مساحة الخدمة A	
	التوزيع المثلث ▲	التوزيع المربع ■
F (Full Circle)	$0.866 R^2$	R^2
TQ (Three-Quarter Circle)	$0.866 R^2 \times \frac{3}{4}$	$R^2 \times \frac{3}{4}$
TT (Two - Third Circle)	$0.866 R^2 \times \frac{2}{3}$	$R^2 \times \frac{2}{3}$
H (Half - Circle)	$0.866 R^2 \times \frac{1}{2}$	$R^2 \times \frac{1}{2}$
T (Third - Circle)	$0.866 R^2 \times \frac{1}{3}$	$R^2 \times \frac{1}{3}$
Q (Quarter - Circle)	$0.866 R^2 \times \frac{1}{4}$	$R^2 \times \frac{1}{4}$
SQ (Square)	-----	$\frac{W}{2} \times \frac{L}{2}$
EST (End Strip)	-----	$W \times \frac{L}{2}$
CST (Center Strip)	-----	$W \times \frac{L}{2}$
SST (Side Strip)	-----	$W \times \frac{L}{2}$

يلاحظ أن المسافات بين الرشاشات S تساوي نصف قطر الرش R أي أن

التغطية كاملة

$$W = \text{عرض التغطية pattern of coverage Width}$$

$L =$ طول التغطية وذلك لنوع الرشاشات التي تعطي رش مستطيل الشكل Strip Series، ونلاحظ هنا أن جداول الأداء لهذه الرشاشات تقوم بتعديل التصرف بطريقة تلقائية حتي تحافظ علي معدل رش ثابت فمثلا إذا كان الرشاش يرش دائرة كاملة وتصرفه ٠,٤٨ م^٣/س فإن الرشاش الذي يرش نصف الدائرة تصرفه ٠,٢٤ م^٣/س والذي يرش ربع الدائرة تصرفه ٠,١٢ م^٣/س وهكذا لأن نصف قطر الأبتلال للرشاش سواء كان دائرة كاملة أو نصف دائرة واحد فهو في هذا المثال ٣ متر عند ضغط ١,٥ بار ويساوي ٣,٦ متر عند ٢ بار، أي يعتمد علي ضغط تشغيل الرشاش وحيث أن المسافة بين الرشاشات تساوي نصف قطر الرش سواء كان التوزيع مربع أو مثلث



ويوجد قاعدة تقريبية للرشاش الدوار Rotor تنص علي أن أقصى مسافة بين الرشاشات بالأقدم تساوي ضغط التشغيل بالباوند علي البوصة المربعة فمثلا إذا كان ضغط التشغيل 30 psi فإن نصف قطر الببال = ٣٠ قدم.

وارتفاع الرقبة للرشاشات القفازة pop-up height يجب أن يلائم ارتفاع النبات فقد يكون ١٠ سم - ١٥ سم أو ٣٠ سم. وهذا النوع من الرشاشات يكون له سن داخلي نصف بوصة femal thread inlet ويوجد منه أيضا ما هو مزود بمنظم ضغط pressure regulating.

بالرجوع مرة أخرى إلى المثال السابق في اختيار الرشاش بتصرف ١,٨ م^٢/س نجد أن الرشاش المتوسط (٠,٧٥ بوصة) H-RB 30 بفوائتي ٤,٨ × ٢,٤ مم وزاوية قنف ٢٧ درجة يعطى تصرف ١,٧٤ م^٢/س عند ضغط ٢,٥ بار ولكن المطلوب هو تصرف ١,٨ م^٢/س لذلك فإن زيادة ضغط التشغيل قليلا سوف يعطى للتصرف المطلوب وهو ١,٨ م^٢/س وأن هذا الرشاش يعطى قطر دائرة لبتال ٢٨,٤ درجة والمطلوب هو ٢٣ متر فهذا يعطى المطلوب أيضا ولذلك نستخدم العلاقة الآتية لإيجاد ضغط التشغيل المطلوب

$$q = CA\sqrt{P}$$

$$\therefore \frac{q_1}{q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

حيث: q : تصرف الرشاش.

P : ضغط تشغيل الرشاش.

C : معامل التصرف.

A : مساحة مقطع الفونية.

$$\frac{1.74}{1.8} = \sqrt{\frac{2.5}{P_2}}$$

$$P_2 = 2.675 = 2.7 \text{ bar}$$

وبذلك فإن الرشاش يعطى تصرف ١,٨ م^٢/س عند ضغط تشغيل ٢,٧ بار.

جدول أداء رشاش بوب لب دووار Rotor Pop-up sprinkler

R-50/R-50 SAM METRIC						
Performance with Rain Curtain Nozzles						
Pressure Bars	Nozzle	Radius m	Flow m ³ /h	Flow l/s	Precip. Δ mm/h	Precip. Δ mm/h
2.0	1.5	8.35	0.39	0.11	11	11
	2.0	8.78	0.46	0.13	12	11
	3.0	9.88	0.68	0.19	14	13
	4.0	10.18	0.92	0.26	18	17
	6.0	11.22	1.33	0.37	21	20
2.5	1.5	8.54	0.44	0.12	12	12
	2.0	9.15	0.51	0.14	12	12
	3.0	10.10	0.76	0.21	15	14
	4.0	10.36	1.02	0.28	19	18
	6.0	11.66	1.50	0.42	22	21
3.0	1.5	8.54	0.49	0.14	13	13
	2.0	9.15	0.58	0.16	14	13
	3.0	10.32	0.85	0.24	16	15
	4.0	10.36	1.14	0.32	21	20
	6.0	12.11	1.63	0.45	22	21
3.5	1.5	8.54	0.53	0.15	14	14
	2.0	9.15	0.63	0.18	15	14
	3.0	10.36	0.90	0.25	17	16
	4.0	10.36	1.24	0.34	23	22
	6.0	12.19	1.76	0.49	24	23
4.0	1.5	8.54	0.56	0.16	15	15
	2.0	9.15	0.67	0.19	16	15
	3.0	10.36	0.96	0.27	18	17
	4.0	10.36	1.35	0.37	25	24
	6.0	12.19	1.89	0.53	25	24

جدول أداء رشاش قنار spray head شكل الرش دائري

12

SERIES 30° trajectory

METRIC

Nozzle	Pressure Bars	Radius m	Flow m ³ /h	Flow l/s	Precip. Δ mm/h	Precip. Δ mm/h
12F	1.0	2.7	0.41	0.11	54	63
	1.5	3.0	0.48	0.13	51	59
	2.0	3.6	0.59	0.16	44	51
12TQ	1.0	2.7	0.31	0.08	54	63
	1.5	3.0	0.36	0.10	51	59
	2.0	3.6	0.44	0.12	44	51
12TT	1.0	2.7	0.27	0.08	54	63
	1.5	3.0	0.32	0.09	51	59
	2.0	3.6	0.40	0.11	44	51
12H	1.0	2.7	0.20	0.06	54	63
	1.5	3.0	0.24	0.07	51	59
	2.0	3.6	0.30	0.08	44	51
12T	1.0	2.7	0.14	0.04	54	63
	1.5	3.0	0.16	0.04	51	59
	2.0	3.6	0.20	0.05	44	51
12Q	1.0	2.7	0.13	0.04	54	63
	1.5	3.0	0.15	0.04	51	59
	2.0	3.6	0.18	0.05	44	51

الحل

حيث أن التربة خفيفة فإن أقصى معدل رش يتراوح بين ١٠ - ٢٠

مم/س سوف نأخذ المتوسط $I = 15 \text{ mm/hr}$.

من أبعاد الحقل 216×216 متر نجد أن الحقل مربع ومستوى لذلك

سوف نفترض أن الخط الرئيسي يمر بمنتصف الحقل وعلى ذلك فإن طول

خط الرش يساوي نصف طول الحقل أي ١٠٨ متر ونجد أن ١٠٨ متر هي

مضاعفات المسافة ١٨ متر لذلك نختار مسافات ١٨ متر بين الرشاشات

وحيث أن الحقل مربع فسوف نختار مسافات مربعة أي 18×18 متر وبذلك

تصرف الرشاش المطلوب يساوي

$$q = \frac{s_r \times s_m \times I}{1000} = \frac{18 \times 18 \times 15}{1000} = 4.86 \text{ m}^3 / \text{h}$$

وحيث أن سرعة الرياح السائدة ١٠ كم/س فإن نسبة مسافات الرشاشات إلى

قطر دائرة الابتلال تساوي ٠,٥٠ أي أن:

$$WD = \frac{s_r}{0.5} = \frac{18}{0.5} = 36 \text{ m}$$

ولذلك نختار الرشاش RB70 (١ بوصة) وفوائى $7,1 \times 3,2$ مم ويعطى

تصرف ٤,٦٩ م^٣/س عند ضغط ٤ بار وللحصول على تصرف ٤,٨٦ م^٣/س

نجد أن:

$$\frac{4.86}{4.69} = \sqrt{\frac{P}{4}} \quad \therefore P = 4.3 \text{ bar}$$

أي أن ضغط تشغيل الرشاش ٤,٣ بار ويعطى تصرف ٤,٨٦ م^٣/س وقطر

دائرة الابتلال ٤١ متر والمطلوب ٣٨ متر.

نحسب عمق ماء الري الصافى

$$d_n = AW \times D \times \text{depletion}$$

جدول أداء رشاش قنار ثابت (شكل الرش مستطيل Strip)

15						METRIC
STRIP SERIES 30° trajectory						
Nozzle	Pressure Bars	W x L m	Flow m ³ /h	Flow l/s	Precip. B mm/h	Precip. A mm/h
15SQ*	1.0	5.5 x 5.5	0.61	0.17	81	-
	1.5	5.8 x 5.8	0.69	0.19	83	-
	2.0	7 x 7	0.85	0.24	69	-
15EST	1.0	1.2 x 4	0.10	0.03	41	-
	1.5	1.2 x 4.2	0.11	0.03	44	-
	2.0	1.2 x 4.5	0.14	0.04	49	-
15CST	1.0	1.2 x 8	0.20	0.06	41	-
	1.5	1.2 x 8.5	0.23	0.06	44	-
	2.0	1.2 x 9	0.27	0.08	49	-
15SST	1.0	1.2 x 8	0.20	0.06	41	-
	1.5	1.2 x 8.5	0.23	0.06	44	-
	2.0	1.2 x 9	0.27	0.08	49	-
95ST(17SST)	1.0	2.7 x 4.5	0.30	0.08	49	-
	1.5	2.7 x 4.8	0.33	0.09	50	-
	2.0	2.7 x 5.5	0.39	0.11	52	-

W = Width of coverage pattern

L = Length of coverage pattern

*Square nozzle spacing based on head-to-head throw.

مثال:

المطلوب تخطيط نظام ري بالرش النقالى لقطعة أرض مستوية

أبعادها 216×216 متر والتربة بها رملية خفيفة القوام والمحصول تتعمق

جنوره ٦٠ سم وأقصى استهلاك ملنى يومى ٦ مم/يوم وسرعة الرياح السائدة

١٠ كم/س وأقصى ساعات تشغيل يومى ١٥ ساعة. مع فرض أن كفاءة

إضافة المياه ٨٠% مع تحديد الآتى:

١- اختيار الرشاش الملائم.

٢- تحديد عدد الرشاشات المطلوبة.

٣- تحديد عدد خطوط الرش.

٤- تخطيط الشبكة.

٥- تحديد سعة المضخة المطلوبة.

$$= 80 \text{ mm/m} \times 0.6 \text{ m} \times 0.50 = 24 \text{ mm}$$

نحسب أقصر فترة بين الريات تستخدم في التصميم

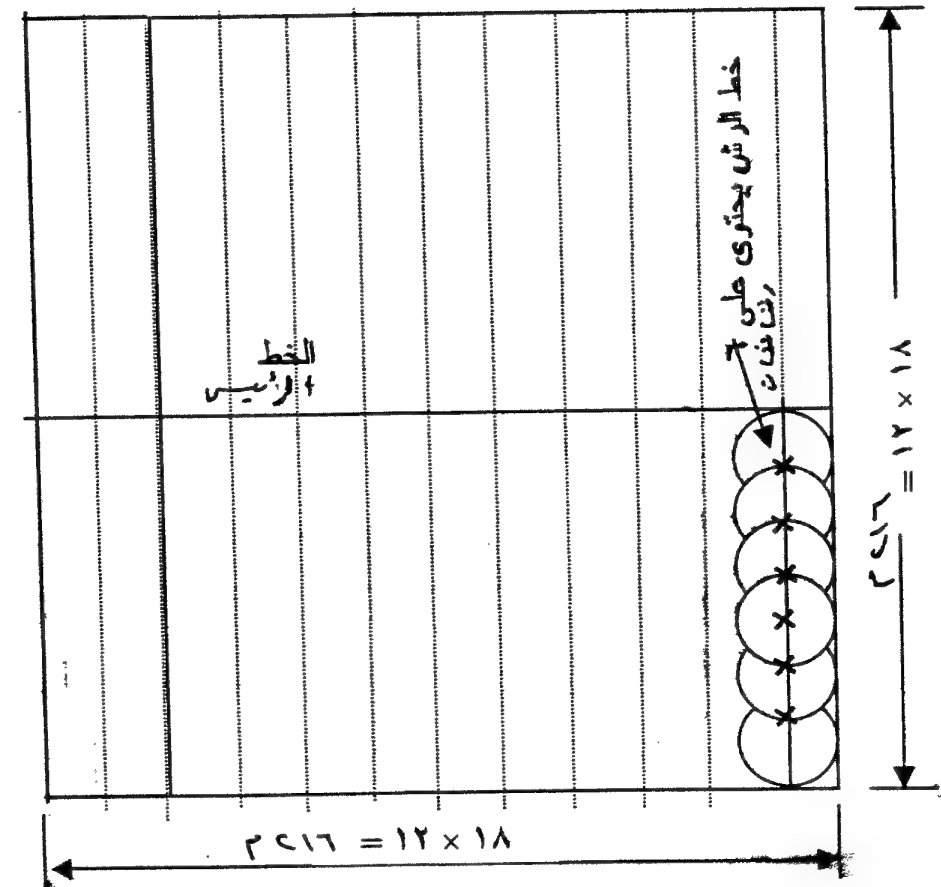
$$F = \frac{d_s}{ET_c} = \frac{24}{6} = 4 \text{ days}$$

نحسب عمق ماء الري الإجمالي

$$d_s = \frac{d_a}{E_a} = \frac{24}{0.8} = 30 \text{ mm}$$

نحسب زمن الري

$$t_i = \frac{d_s}{I} = \frac{30}{15} = 2 \text{ hours}$$



زمن الري ٢ ساعة + ٠,٥ ساعة فك ونقل وتركيب

$$\text{عدد النقلات لخط الري} = \frac{١٥ \text{ ساعة}}{٢,٥ \text{ ساعة}} = ٦ \text{ نقلات في اليوم}$$

عدد النقلات خلال الفترة بين الريات = ٦ نقلات في اليوم \times ٤ يوم = ٢٤ نقلة.

أي أن خط الرش يتم نقله ١٢ مرة لتغطية نصف الحقل في يومين ويتم نقله ١٢ نقلة أخرى في يومين أي يتم تغطية الحقل كله في ٤ يوم.

وبذلك فإن خط رش يحتوى على ٦ رشاشات كافي لتغطية الحقل بأكمله في ٤ يوم.

التصرف اللازم لخط الرش = تصرف الرشاش \times عدد الرشاشات.

$$= ٤,٨٦ \times ٦ = ٢٩,١٦ \text{ م}^٣/\text{س}$$

وبذلك يكون تصرف المضخة المطلوب للحقل حوالي ٣٠ م^٣/س.

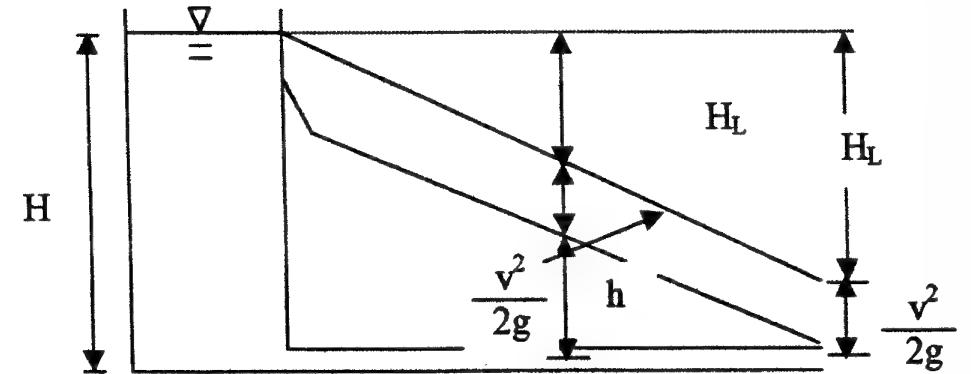
الاحتكاك في الأنابيب

Pipe friction loss

عند سريان المياه داخل الأنابيب تفقد المياه جزء من ضغطها نتيجة الاحتكاك بين طبقات المياه للمنسابة في حالة تسلياب المياه بسرعة صغيرة والذي يسمى سريان هادئ أو رقائقى Laminar flow وبين المياه والجدار الداخلى للأنبوية في حالة السريان الاضطرابى Turbulent flow. ويحدث الفاقد في ضغط المياه نتيجة للسريان حيث أنه في حالة سكون المياه وعدم تحركها فإن الضغط داخل الخط يكون ثابت ويسمى للضغط الإستاتيكي Static pressure حيث يقدر الضغط في خط الأنابيب بارتفاع عمود الماء

عند أى نقطة فى خط الأنابيب أما فى حالة وجود سريان للمياه داخل خط الأنابيب فمعنى ذلك وجود فاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك ويسمى الضغط فى هذه الحالة بالضغط الديناميكي Dynamic pressure وبذلك يتضح أن الضغط الديناميكي للمياه يقل عن الضغط الإستاتيكي بمقدار الفاقد فى الاحتكاك وضغط السرعة.

فبعد وجود خزان مياه يرتفع عن سطح الأرض بمقدار ١٠ متر ($H = 10\text{m}$) ومتصل به خط أنابيب يوجد به محبس فى نهايته وكان المحبس مغلقاً فإن الضغط عند المحبس يساوى ١ بار ويسمى بالضغط الإستاتيكي وعند فتح المحبس تماماً فإن الضغط عند نهاية خط الأنابيب يساوى صفراً ($h = 0$) وذلك لأن الضغط قد تم فقده فى الاحتكاك داخل الخط H_L وأيضاً فى ضغط السرعة $\frac{v^2}{2g}$ حيث أن المياه تصب مباشرة فى الجو وبذلك يكون الضغط الديناميكي فى نهاية الخط يساوى صفراً ($h = 0$).



الضغط الإستاتيكي عند نهاية الخط فى حالة السكون $h = H$

الضغط الديناميكي فى نهاية الخط فى حالة سريان المياه $h = 0$

ولإيجاد الضغط عند أى نقطة فى خط الأنابيب يمكن كتابة معادلة برنولى كما يلى:

$$H = H_L + \frac{v^2}{2g} + h$$

وتنص المعادلة السابقة على أن الطاقة الكلية (H) تساوى مجموع طاقة الضغط h وطاقة السرعة $\frac{v^2}{2g}$ وطاقة الفاقد فى الضغط H_L .

ومن الجدير بالذكر هنا أيضاً أنه فى حالة وضع رشاش فى نهاية خط الأنابيب فإن الرشاش سوف يقوم بتقليل سريان المياه لأنه عبارة عن فتحة ضيقة وعند تقليل السريان يقل يقل كل من الفاقد فى الضغط وطاقة السرعة وبذلك فإن الضاغط الديناميكي (h) فى هذه الحالة لا يساوى صفراً بقيمة هذا الضغط يسمى بضغط تشغيل الرشاش حيث أن هذا الضغط يفقد أيضاً عند مرور تيار المياه من فتحة (قونية) الرشاش إلى الجو حيث يتحول إلى طاقة سرعة وهذه الطاقة فى منتهى الأهمية حيث عن طريقها يمكن إيجاد تصرف الرشاش كما يلى:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$q = c \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2gh}$$

حيث: h = ضاغط تشغيل الرشاش

g = عجلة الجاذبية الأرضية

v = سرعة المياه الخارجة من فتحة الرشاش

$$D = \text{قطر فتحة الرشاش}$$

$$q = \text{تصرف الرشاش}$$

$$c = \text{معامل تصرف الرشاش هو يساوى } 0.9 - 0.95$$

معادلات تقدير الاحتكاك في الأنابيب:

١- الطريقة العلمية (معادلة دارسى وايزباك) Darcy - weisbach

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = \text{الفاقد في الاحتكاك بالمتري}$$

$$L = \text{طول الأنبوبة بالمتري}$$

$$D = \text{القطر الداخلى للأنبوبة بالمتري}$$

$$v = \text{متوسط سرعة المياه داخل الأنبوبة (متر/ث)}$$

$$g = \text{عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث}^2\text{)}$$

$$f = \text{معامل الاحتكاك وهو يعتمد فى قيمته على رقم رينولدز}$$

ورقم رينولدز Rynolds Number (Re) يساوى

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

حيث: ν = اللزوجة الكينماتيكية للمياه وهى تساوى:

$$\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} @ 20^\circ\text{C}$$

وحيث أننا نتعامل مع المياه فى الري فإنه يمكن التعويض فى معادلة رقم

رينولدز والتصرف بدلا من السرعة حيث أن التصرف يساوى

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot V$$

ينتج رقم رينولدز فى حالة سريان المياه

$$Re = 1.26 \times 10^6 \frac{Q}{D}$$

$$\text{حيث: } Q = \text{التصرف بالتر/ث}$$

$$D = \text{القطر الداخلى للأنبوبة بالمم}$$

وتعتمد قيمة معامل الاحتكاك على رقم رينولدز كما يلى:

$$1- Re \leq 2000 \quad f = \frac{64}{Re} \quad \text{السريان رقتقى}$$

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة Hagen Poiseuille

$$2- Re > 2000 \quad \text{السريان اضطرابى}$$

فى حالة الأنابيب الخشنة Rough pipes تستخدم معادلة Colebrook equation

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{3.71D} \right]$$

ولكل نوع من الأنابيب قيمة للخشونة المطلقة لسطح الأنبوبة absolute roughness (ϵ) أما الأنابيب البلاستيك فيطلق عليها أنابيب ملساء ولكن يمكن أيضا استخدام المعادلة السابقة لهذه الأنابيب بالقيمة الآتية للخشونة المطلقة.

$\epsilon = 0.02 \text{ mm}$	PVC	(بى. فى. سى)
$\epsilon = 0.002 \text{ mm}$	PE	(بولى إيثيلين)
$\epsilon = 0.25$	cast iron	(حديد زهر)
$\epsilon = 0.15$	Galvanized iron	(حديد مجلفن)
$\epsilon = 0.045$	Steel or wrought iron	(حديد صلب أو مطاوع)

ولكنثرة استخدام المواسير البلاستيك في الري (PVC, PE) والتي تعتبر مواسير ملساء Smooth pipe يوجد معادلتين تستخدم حسب قيمة معامل رينولدز في حالة السريان الاضطرابي.

$$2000 < Re < 10^5$$

$$f = 0.32 Re^{-0.25}$$

Blasius equation

$$10^5 < Re < 10^7$$

$$f = 0.13 Re^{-0.172}$$

Watters and Keller equation

٢- معادلة سكوبي Scobey equation

تستخدم معادلة سكوبي للمواسير الصلب والالومنيوم وخاصة في الري بالرش وقد أصدر مكتب الاستصلاح الأمريكي قديما عدة كتيبات تحتوى على جداول لإيجاد الاحتكاك في الأنابيب باستخدام معادلة سكوبي ولكن نظرا لانتشار الآلات الحاسبة والكمبيوتر فإن هذه الجداول تفقد أهميتها وتأخذ معادلة سكوبي الصورة التالية:

$$h_f = \frac{K_s L Q^{1.9}}{D^{4.9}} 4.1 \times 10^6$$

حيث: Q = التصرف لتر/ث

L = طول الأنبوبة بالمتر

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمم

h_f = الفاقد في الاحتكاك بالمترK_s = معامل سكوبي

$$K_s = 0.36$$

للمواسير الصلبة

$$K_s = 0.34$$

للمواسير الالومنيوم

ويلاحظ هنا أن المعادلة لا تتطلب إيجاد رقم رينولدز أو تحديد نوع السريان ومن هنا تأتي سهولة تطبيق المعادلة.

٣- معادلة هيزن - وليامز Hazen - Williams

من أكثر المعادلات استخدام في مجال الري وأعمال المياه عموما هي معادلة هيزن وليامز وتستخدم لجميع أنواع الأنابيب وهي سهلة الاستخدام وشائعة الاستعمال وتأخذ الصورة التالية:

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852}$$

حيث: Q = التصرف (لتر/ث)

D = القطر الداخلى للأنبوبة بالمم

L = طول خط الأنابيب بالمتر

h_f = مقدار الفاقد في الاحتكاك بالمتر

C = معامل هيزن وليامز وقيم المعامل للأنابيب المختلفة

يساوى:

C = 100	Concrete pipe	مواسير خرسانية
C = 115	Galvanized iron	حديد مجلفن
C = 120	Welded steel	صلب ملحوم
C = 145	Asbestos cement	اسبستوس سمنت
C = 146	Aluminum	ألومنيوم
C = 150	Plastic pipes	أنابيب بلاستيك

وعند تطبيق معادلة هيزن وليامز على الأنابيب البولي إيثيلين (PE) والأنابيب البلاستيك (PVC) فإن معامل هيزن وليامز يساوى

$$C = 140 \quad \text{PE}$$

$$C = 150 \quad \text{PVC}$$

إلا أن بعض المراجع تأخذ $C = 150$ لكل من المواسير PVC وأنابيب PE.

٤- الفاقد في المحابس والوصلات Head loss in Fitting

تقدر الفواقد نتيجة مرور السريان في الوصلات المختلفة والمحابس

بمعامل مضروب في طاقة السرعة كما يلي:

$$H_L = K \frac{v^2}{2g}$$

حيث: H_L = الفاقد في الضاغط بالمتر

K = معامل المحبس أو الوصلة

v = سرعة المياه م/ث

g = عجلة الجاذبية الأرضية م/ث²

ومعامل الفاقد K يعتمد على نوع الوصلة أو المحبس كما يلي:

$K = 1.0$	Elbow 90°	كوع ٩٠ درجة
$K = 0.40$	Elbow 45°	كوع ٤٥ درجة
$K = 0.35$	Tee in line	تيه سريان داخل الخط
$K = 1.20$	Tee from line to branch	تيه سريان من الخط للفرع
$K = 0.8$	Tee from branch to line	تيه سريان من الفرع للخط
$K = 0.7$	Valve (depending on	محبس (يعتمد على مقدار

	closure)	(الغلق)
$K = 1.5$	Non return valve	محبس عدم رجوع
$K = 1.8$	Saddle	سادل (ركاب)
$K = 1.0$	Reducer	مخفض (نقاص)
$K = 3.0$	Water meter	عداد مياه (يعتمد على نوع العداد ومقدار السريان)

وقد يحدد الفاقد في المحابس والوصلات بطول مكافئ لخط الأنابيب ذات

القطر المتساوي معها Equivalent length كما يلي:

$$K \frac{v^2}{2g} = f \frac{L_e}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$L_e = \frac{K \cdot D}{f}$$

حيث: L_e = الطول المكافئ للفاقد في المحبس أو الوصلة (الفاقد

الثانوى)

K = معامل المحبس أو الوصلة

D = القطر الداخلى لخط الأنابيب

f = معامل الاحتكاك لخط الأنابيب

جداول الفاقد في الضغط نتيجة الاحتكاك في الأنابيبFriction loss in pipe

استعرضنا تقدير الفاقد في الاحتكاك للأنابيب الشائعة الاستخدام في الري وهي أنابيب PVC وأنابيب البولي إيثيلين PE عن طريق استخدام معادلة هيزن وليامز. ويمكن وضع هذه المعادلة في صورة أخرى لتعيين أقصى تصرف يمر بالأنبوبة بحيث لا يزيد الفاقد في الضغط بالاحتكاك عن حد معين H_f لطول خط أنابيب يساوي ١٠٠ متر والتعويض عن التصرف بالمتر المكعب/الساعة بدلا من لتر/ث حيث أن ١ لتر/ث = ٣,٦ م^٣/س كما يلي:

$$Q(m^3/h) = \left[\frac{H_f \times D^{4.87}}{1.22 \times 10^{10} \times 100} \right]^{0.54} \times C \times 3.6$$

كما ذكرنا أن:

$$C = 140 \quad \text{PE}$$

$$C = 150 \quad \text{PVC}$$

وبذلك قمنا بعمل الجداول على أساس الأقطار المستخدمة للمواسير حيث:

D_o = القطر الخارجى للماسورة حيث تعرف الأنبوبة بالقطر الخارجى بالمم.

t = سمك جدار الأنبوبة بالمم.

ويطلق على الفاقد في الاحتكاك بالمتر لكل ١٠٠ متر من طول خط الأنابيب بمعامل الفاقد في الاحتكاك $J = \text{friction factor}$ ولناخذ مثالا على استخدام هذه الجداول.

- إذا كان طول خط الأنابيب ١٥٠ متر والفاقد المسموح به للاحتكاك

هو ٣ متر من بداية الخط لنهايته وكان الخط مصنوع من PVC بقطر ١١٠

متر فأوجد أقصى تصرف يمر بالخط بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به في الضغط

الحل

$$J = \frac{H_f \times 100}{150} = \frac{3 \times 100}{150} = 2 \text{ m}/100\text{m}$$

في الجدول الخاصة بالـ PVC ننظر إلى أعلى الجدول فنجد الخانة الخاصة بـ ٢ متر لكل ١٠٠ متر ثم نتحرك إلى أسفل ونتوقف عند الصف الخاص بقطر ١١٠ مم فنجد أن أقصى تصرف هو ٤٦,٥٩ م^٣/س وقد يكون المطلوب هو العكس أى يكون معلوم J وكذلك التصرف المار والمطلوب هو قطر الأنبوبة ولناخذ مثال على ذلك.

المطلوب إمرار تصرف ١٣,٣ م^٣/س في خط أنابيب طوله ٥٠ متر بحيث لا يتعدى الفاقد في الاحتكاك ١,٥ متر فأوجد قطر الأنبوبة

الحل

$$J = \frac{1.5 \times 100}{50} = 3 \text{ m}/100\text{m}$$

ومن الجدول عند $J = 3$ نتحرك لأسفل إلى أن نصل إلى قيمة التصرف ١٣,٣ ثم نقرأ أفقياً قطر الأنبوبة المقابل وهو ٦٣ مم في العمود الأول.

جدول معامل الفاقد بالاحتكاك (J) م/١٠٠م لمواسير PVC

PVC Maximum m ³ /h for various friction factor m/100m									
Friction factor	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
Do,mm	t, mm	Maximum flow m ³ /h							
20	1.5	0.19	0.28	0.34	0.40	0.45	0.50	0.54	0.58
25	1.5	0.37	0.54	0.68	0.79	0.89	0.99	1.07	1.15
32	1.8	0.73	1.07	1.33	1.55	1.75	1.93	2.10	2.25
40	1.8	1.41	2.05	2.55	2.98	3.36	3.71	4.03	4.33
50	1.8	2.67	3.88	4.82	5.64	6.36	7.01	7.62	8.19
63	1.9	5.06	7.36	9.16	10.69	12.06	13.31	14.47	15.55
75	2.2	8.04	11.69	14.55	16.99	19.17	21.15	22.99	24.71
90	2.7	12.94	18.81	23.41	27.35	30.85	34.04	37.00	39.76
110	3.2	22.04	32.04	39.89	46.59	52.56	58.00	63.03	67.74
125	3.7	30.76	44.72	55.67	65.02	73.35	80.94	87.97	94.54
140	4.1	41.51	60.35	75.13	87.75	98.99	109.23	118.72	127.59
160	4.7	58.95	85.70	106.68	124.61	140.57	155.11	168.58	181.18
200	5.9	105.92	154.01	191.71	223.93	252.60	278.74	302.94	325.59
225	6.6	144.52	210.13	261.56	305.52	344.64	380.30	413.31	444.21
250	7.3	190.80	277.42	345.32	403.36	455.01	502.09	545.67	586.47

PVC Maximum m ³ /h for various friction factor m/100m									
Friction factor	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
Do,mm	t, mm	Maximum flow m ³ /h							
20	1.5	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76	0.79	0.82	0.85
25	1.5	1.23	1.30	1.37	1.43	1.50	1.56	1.62	1.67
32	1.8	2.40	2.54	2.68	2.80	2.93	3.05	3.16	3.28
40	1.8	4.61	4.88	5.14	5.39	5.62	5.85	6.08	6.29
50	1.8	8.73	9.24	9.73	10.20	10.65	11.08	11.51	11.91
63	1.9	16.57	17.54	18.47	19.36	20.21	21.04	21.83	22.61
75	2.2	26.33	27.87	29.35	30.76	32.12	33.43	34.70	35.93
90	2.7	42.37	44.85	47.22	49.49	51.68	53.79	55.83	57.81
110	3.2	72.19	76.42	80.45	84.32	88.05	91.64	95.12	98.50
125	3.7	100.75	106.65	112.28	117.68	122.88	127.90	132.75	137.46
140	4.1	135.97	143.93	151.53	158.82	165.84	172.61	179.16	185.52
160	4.7	193.08	204.38	215.18	225.53	235.49	245.11	254.41	263.43
200	5.9	346.97	367.28	386.68	405.28	423.18	440.46	457.18	473.39
225	6.6	473.38	501.10	527.56	552.94	577.37	600.94	623.75	645.87
250	7.3	624.99	661.58	696.52	730.03	762.27	793.39	823.51	852.72

جدول معامل الفاقد بالاحتكاك (J) م/١٠٠م لمواسير PVC

PE Maximum m ³ /h for various friction factor m/100m									
Friction factor	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
Do,mm	t, mm	Maximum flow m ³ /h							
16	1.2	0.10	0.14	0.18	0.21	0.24	0.26	0.28	0.30
18	1.2	0.14	0.21	0.26	0.30	0.34	0.37	0.40	0.44
20	1.5	0.18	0.26	0.32	0.38	0.42	0.47	0.51	0.55
25	1.5	0.35	0.51	0.63	0.74	0.83	0.92	1.00	1.07
32	2	0.66	0.96	1.19	1.39	1.57	1.73	1.89	2.03
40	2	1.28	1.86	2.31	2.70	3.04	3.36	3.65	3.92
50	2	2.43	3.54	4.40	5.14	5.80	6.40	6.96	7.48
63	2.5	4.47	6.51	8.10	9.46	10.67	11.77	12.80	13.75
75	2.9	7.12	10.35	12.88	15.05	16.97	18.73	20.36	21.88
90	5.1	10.35	15.06	18.74	21.89	24.69	27.25	29.61	31.83
110	6.3	17.49	25.43	31.65	36.97	41.71	46.02	50.02	53.76

جدول معامل الفاقد بالاحتكاك (J) م/١٠٠م لخراطيم PE

PE Maximum m3/h for various friction factor m/100m									
Friction factor		4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
Do, mm	t, mm	Maximum flow m3/h							
16	1.2	0.32	0.34	0.36	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44
18	1.2	0.46	0.49	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63
20	1.5	0.58	0.62	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.79
25	1.5	1.15	1.21	1.28	1.34	1.40	1.45	1.51	1.56
32	2	2.16	2.29	2.41	2.52	2.63	2.74	2.84	2.95
40	2	4.18	4.43	4.66	4.88	5.10	5.31	5.51	5.70
50	2	7.97	8.43	8.88	9.31	9.72	10.11	10.50	10.87
63	2.5	14.66	15.51	16.33	17.12	17.87	18.60	19.31	20.00
75	2.9	23.32	24.68	25.98	27.23	28.44	29.60	30.72	31.81
90	5.1	33.92	35.90	37.80	39.62	41.37	43.06	44.69	46.28
110	6.3	57.29	60.64	63.84	66.91	69.87	72.72	75.48	78.16

جدول معامل الفاقد بالاحتكاك (J) م/١٠٠م لخراطيم PE

الطريقة المختصرة لتحديد أقطار أنابيب شبكات ري الحدائق والمساحات الخضراء

Friction factor short cut pipe sizing

يستخدم معامل الفاقد في الاحتكاك في تحديد أقصى تصرف يمر خلال جزء من شبكة الأنابيب بحيث لا يزيد الفاقد في الضغط نتيجة الاحتكاك عن حد معين يتم تحديده مسبقاً طبقاً للفرق في الضغط المسموح به وذلك لتقليل الاختلافات في الضغط بين الرشاشات بحيث لا تزيد عن ١٠% إلى ٢٠% من ضغط التشغيل المطلوب للرشاش لضمان الحصول على توزيع جيد للمياه. ويعرف معامل الفاقد في الاحتكاك J Friction factor كما يلي:

$$J = \frac{H_f}{L_c} = \frac{0.10 \times h_{av}}{L_c}$$

J = معامل الفاقد في الاحتكاك وهو الفاقد في الضغط المسموح به بالمتر لكل ١٠٠ متر طول من خط الأنابيب.

h_{av} = ضغط تشغيل الرشاش بالمتر حيث أن ضغط جوى = ١ بار = ١٠ متر ماء

H_f = فرق الضغط المسموح به بين المحبس وآخر رشاش على الخط المطلوب تحديد قطره وعادة يساوى ١٠% إلى ٢٠% من ضغط تشغيل الرشاش المطلوب.

L_c = الطول الحرج Critical length من قطر الأنابيب من المحبس control valve إلى آخر رشاش last sprinkler على الخط بوحدات المائة متر

مثال:

محبس يتحكم في تشغيل مجموعة رشاشات ضغط التشغيل المطلوب للرشاش هو ٢ بار. وعلى ذلك يكون فرق الضغط المسموح به بين المحبس وآخر رشاش على فرض أنه ١٠% من ضغط تشغيل الرشاش.

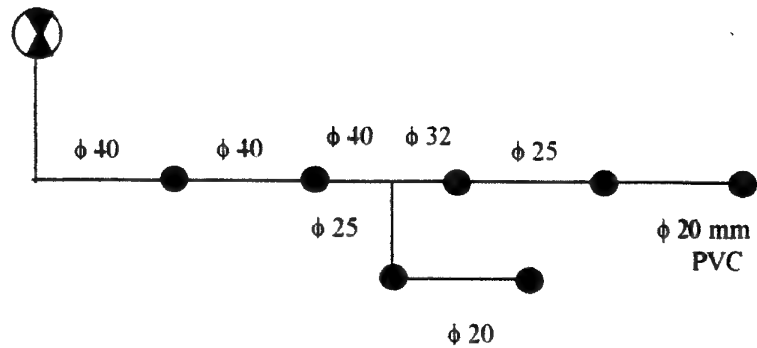
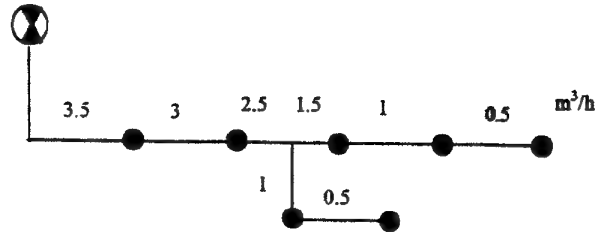
$$H_f = 0.10 \times h_{av}$$

$$= 0.10 \times (2 \times 10) = 2 \text{ m}$$

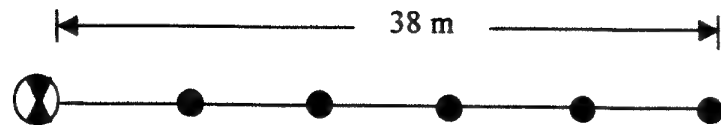
ولتحديد الطول الحرج L_c يجب تحديد المسافة التي تقطعها المياه من

المحبس إلى أبعد رشاش farthest head وبعد ذلك يتم قسمة هذه المسافة

تصرف مسموح به وهو المقابل لمعامل الاحتكاك ٣ متر / ١٠٠ متر في الجدول.



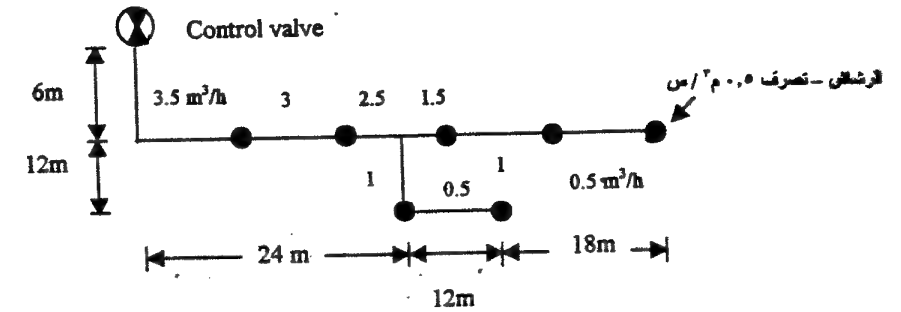
مثال آخر:



ضغط التشغيل للرشاش = ٢,٤ بار ، وتصرف الرشاش = ٠,٥ م^٣/س ، نسبة الفاقد في الضغط المسموح بها = ١٠ % ، الطول الحرج للخط = ٣٨ متر.

الحل

$$J = \frac{24 \times 0.10}{38/100} = 6.3 \text{ m/100 m}$$



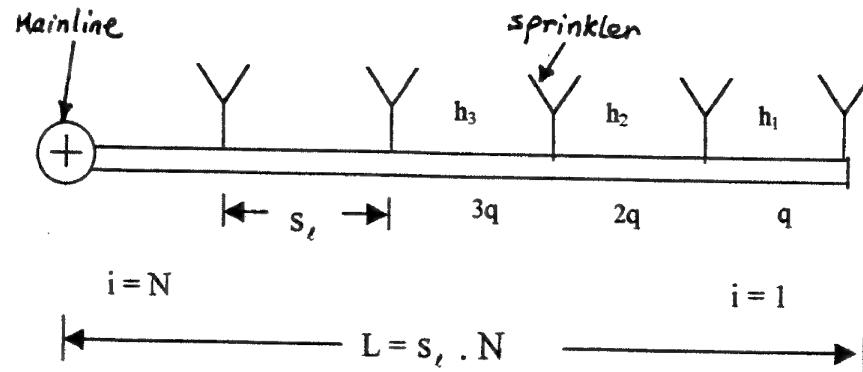
على ١٠٠ متر للحصول على المسافة بمئات الأمتار.

ومن الرسم المقابل لشبكة الرش نجد أن مسار المياه من المحبس إلى أبعد رشاش هو المسافة (٦ + ٢٤ + ١٢ + ١٨ = ٦٠ متر) ونلاحظ أننا لم نأخذ الفرع الآخر حيث أن المسافة في هذا الفرع أقل ولا تحتوي على أبعد رشاش في الشبكة ولذلك فإن الطول الحرج يساوي بمئات الأمتار. وعلى ذلك يكون معامل الاحتكاك

$$J = \frac{0.10 \times h_f}{L_e} = \frac{20 \times 0.10}{60/100} = 3.33$$

يشير معامل الاحتكاك إلى أن الأنابيب يتم اختيارها على أساس أن الفاقد في الاحتكاك لا يزيد عن ٣,٣٣ متر لكل ١٠٠ متر طول بالاستعانة بجدول معامل الاحتكاك نجد أن المعامل يقع بين ٣ - ٣,٥ متر / ١٠٠ متر نختار الأقل وهو ٣ متر / ١٠٠ متر وذلك لعدم تجاوز الحد المسموح به وهو ٣,٣٣ م / ١٠٠ متر وبالاستعانة بالتصريف المار في خطوط الأنابيب المختلفة في الشبكة نختار القطر المناسب بحيث لا يتجاوز التصريف المار أقصى

استنتاج معامل يمكن عن طريقة إيجاد الفاقد في الاحتكاك لمثل هذه الخطوط ويمكن استنتاجه كما يلي:



نفترض خط رش مركب عليه رشاشات متساوية التصريف q وعلى مسافات s_r وبذلك يكون التصريف المار على خط الرش Q يساوى $Q = N \cdot q$

$$h_f = \frac{KLQ^m}{D^n}$$

ويمكن وضع المعادلة العامة للاحتكاك كما يلي:

حيث أن في معادلة هيوزن وليامز:

$$K = \text{constant}, \quad m = 1.852, \quad n = 4.87$$

$$m = 1.9, \quad n = 4.9$$

وفي معادلة سكوبى

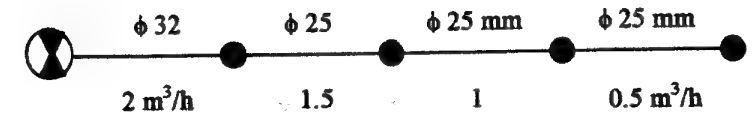
$$m = 2, \quad n = 5$$

وفي معادلة دارسى وايزباك

وحيث أن الفاقد الكلى للاحتكاك في الخط يساوى مجموع الفاقد في الاحتكاك لأجزاء الخط فإن:

$$H_f = \sum_{i=1}^N h_i$$

أى تتراوح بين ٦ - ٦,٥ متر / ١٠٠ متر.



ونلاحظ هنا أن الأقطار الصغيرة للمواسير ٢٠ - ٢٥ - ٣٢ تتحمل ضغط ١- بار أما ابتداء من ٤٠ مم فأكثر تتحمل ضغط ٦ بار كما هو وارد في جدول معامل الاحتكاك وذلك حسب سمك جدار الماسورة.

الاحتكاك في الخطوط متعددة المخارج

Multiple outlets lines

خطوط الرش وخطوط التقيط والمشعبات تعتبر خطوط متعددة المخارج حيث يتناقص فيها التصريف إلى أن يصل إلى الصفر في نهاية الخط حيث تعتبر الرشاشات مخارج على الخط وكذلك النقاطات ولذلك يطلق على هذا الخط Lateral line وحيث أن التصريف المار به متناقص فلا يمكن تطبيق معادلات الاحتكاك السابقة مباشرة على هذا الخط وإحدى الطرق لإيجاد الاحتكاك لهذه الخطوط هي طريقة الخطوة بخطوة step by step بمعنى تطبيق معادلة الاحتكاك بين المخارج ثم تجميع هذه الفواقد في الاحتكاك لإيجاد الاحتكاك الكلى وواضح من هذه الطريقة أنها يمكن تطبيقها في حالة الأعداد الصغيرة من المخارج أو في حالة استخدام البرمجة - بالكمبيوتر ولكن يمكن

$$H_f = \frac{k s_r q^m}{D^n} + \frac{k s_r (2q)^m}{D^n} + \dots + \frac{k s_r (Nq)^m}{D^n}$$

$$H_f = \frac{k s_r}{D^n} \sum_{i=1}^N i^m q^m$$

$$H_f = \frac{kL}{D^n N} \left(\frac{Q}{N} \right)^m \sum_{i=1}^N i^m$$

$$H_f = \frac{kLQ^m}{D^n} \times \frac{\sum_{i=1}^N i^m}{N^{m+1}}$$

وبمقارنة هذه المعادلة بالمعادلة العامة للاحتكاك نجد أن:

$$H_f = h_f \times F$$

حيث أن F = معامل التخفيض Reduction Factor

$$F = \frac{\sum_{i=1}^N i^m}{N^{m+1}}$$

بمعنى أن الاحتكاك في الخط بالمخارج = الاحتكاك في الخط بدون مخارج × معامل التخفيض

ويعتمد معامل التخفيض على عدد المخارج وعلى قيمة m والتي تعتمد قيمتها على نوع معادلة الاحتكاك فهي تساوي 1.852 في حالة معادلة هيزن وليامز.

مثال:

احسب معامل التخفيض إذا كان الخط يحتوى على ٥ مخارج (رشاشات) وأن أول رشاش يبعد مسافة s_r عن المدخل.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^N i^m}{N^{m+1}} = \frac{1^{1.852} + 2^{1.852} + 3^{1.852} + 4^{1.852} + 5^{1.852}}{5^{(1.852+1)}} = 0.4567$$

ولسهولة وسرعة إيجاد قيمة F تم عمل جداول تحتوى على N عدد المخارج وقيمة F وذلك عند قيمة $m = 1.852$ مع ملاحظة أننا قمنا باستنتاج قيمة F في حالة وجود أول مخرج على مسافة s_r من بداية الخط حيث يوجد حل آخر على أساس أن أول مخرج يبعد $\frac{s_r}{2}$ من بداية الخط ويطلق على قيمة F في هذه الحالة F_{mid} تميزا لها عن الحالة الأولى وهي F_{end} . ومن الجدير بالذكر هنا أنه إذا زاد عدد المخارج فإن قيمة F تقترب من القيمة التالية:

$$F = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{1.852+1} = \frac{1}{2.852} = 0.35$$

N	F_{end}	F_{mid}
5	0.457	0.396
10	0.402	0.371
12	0.393	0.367
15	0.385	0.363
20	0.376	0.360
25	0.371	0.358
30	0.368	0.357
40	0.363	0.355
50	0.361	0.354
100	0.356	0.352
200	0.353	0.352

مثال:

خط رش نقالى يحتوى على ٣٠ رشاش المسافة بينها ٩ متر تصرف الرشاش ١,٨ م^٣/س والقطر الداخلى للخط ٩٩ مم ومصنوع من الألومنيوم (C = 146) وأول رشاش يبعد مسافة كاملة عن بداية الخط. أوجد الاحتكاك فى الخط.

الحل

الخط متعدد المخارج نكشف عن قيمة F فى الجداول فنجدها تساوى 0.368 وبالتعويض فى معادلة هيوزن وليامز.

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 146} \right)^{1.852} \times F$$

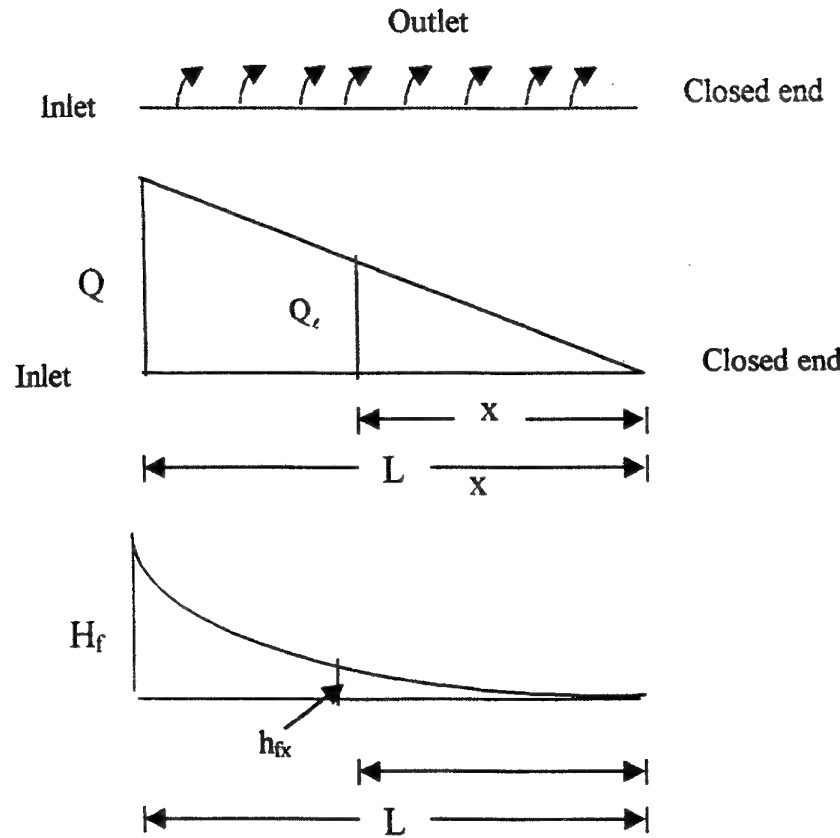
$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 30 \times 9}{(99)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 146} \right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 629.47748 \times 0.0147822 \times 0.368 = 3.42 \text{ m}$$

توزيع الضغط والتصرف فى الخطوط متعددة المخارج

لنفرض أن خط يحتوى على عدد لا نهائى من المخارج حيث يكون توزيع التصرف بحيث يتناقص خطياً من Q عند بداية الخط إلى صفر عند نهاية الخط. ويمكن تمثيل ذلك بيانياً كما يلى:

نلاحظ هنا أن البداية هى من نهاية الخط أى أن x مقاسة من نهاية الخط closed end وأن التصرف Q_x هو التصرف المار فى الخط عند مسافة x من نهايته وأن h_{fx} هى الفاقد فى الاحتكاك داخل الخط من نهايته إلى المسافة x. ومن تشابه المثلثات يمكن كتابة



$$\frac{Q_x}{Q} = \frac{x}{L}$$

$$Q_x = Q \left(\frac{x}{L} \right)$$

وهذه المعادلة تعطى توزيع التصرف داخل الخط المتعدد المخارج عند مسافة x مقاسة من نهاية الخط.

أما توزيع الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك فيمكن استنتاجه بنفس الطريقة من المعادلة العامة للاحتكاك

$$h_f = k D^{-a} L Q^m$$

$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \frac{x Q_x^m}{L Q^m} = \frac{x \left(Q \frac{x}{L} \right)^m}{L Q^m} = \left(\frac{x}{L} \right)^{m+1}$$

$$h_{fx} = H_f \left(\frac{x}{L} \right)^{m+1}$$

ويتضح من هذه المعادلة أنه يمكن إيجاد الفاقد في الضغط نتيجة الاحتكاك h_{fx} عند مسافة x من نهاية الخط بمعلومية الفاقد الكلي للاحتكاك في الخط H_f و m يفوتنا هنا أن نذكر أن الخط الذي يحتوى على عدد لا نهائى من المخارج قيمة F له تساوى

$$F = \frac{1}{m+1} = \frac{1}{1.852+1} = 0.35$$

مثال:

عند أى نسبة من طول الخط يحدث ٥٠% من الفاقد في الاحتكاك داخل الخط المتعدد المخارج.

الحل

$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \left(\frac{x}{L} \right)^{2.852}$$

$$0.5 = \left(\frac{x}{L} \right)^{2.852}$$

$$\frac{x}{L} = 0.78$$

أى يحدث ٥٠% من الفاقد في الضغط داخل الخط عند ٧٨% من طوله من نهاية الخط و ٢٢% من طول الخط من بدايته.
مثال:

عند أى نسبة من طول الخط يحدث ٢٥% من الفاقد في الاحتكاك داخل الخط المتعدد المخارج من نهايته.

الحل

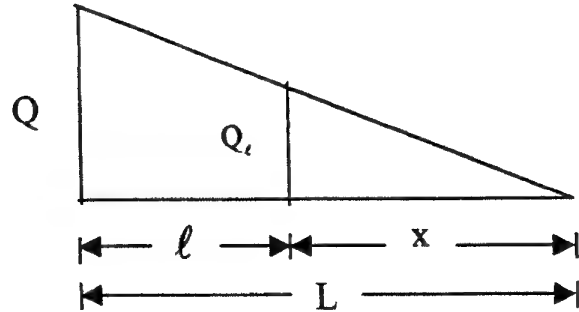
$$\frac{h_{fx}}{H_f} = \left(\frac{x}{L} \right)^{m+1} \quad 0.25 = \left(\frac{x}{L} \right)^{2.852}$$

$$\frac{x}{L} = 0.615$$

أى أنه عند طول قدره ٦١,٥% من نهاية الخط يحدث ٢٥% من الفاقد في الاحتكاك داخل الخط متعدد المخارج.

وأن ٧٥% من الفاقد في الاحتكاك يحدث عند ٣٨,٥% من طول الخط مقاساً من بدايته.

في أغلب الأحيان يكون المطلوب هو إيجاد الضغط من بداية الخط وليس من نهايته وعلى ذلك فإننا سوف نقوم باستنتاج توزيع الفاقد في الضغط وكذلك توزيع التصرف من بداية الخط وليس من نهايته كما يلي:



$$\frac{Q_\ell}{Q} = \frac{L - \ell}{L}$$

$$Q_\ell = Q \left(\frac{L - \ell}{L} \right)$$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = \frac{H_L - h_{fx}}{H_L}$$

$$= 1 - \frac{x Q_\ell^m}{L Q^m}$$

$$= 1 - \frac{(L - \ell) Q^m \left(\frac{L - \ell}{L} \right)^m}{L \cdot Q^m}$$

$$= 1 - \left(\frac{L - \ell}{L} \right)^{m+1}$$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = 1 - \left(1 - \frac{\ell}{L} \right)^{m+1}$$

مثال:

مشعب قطره الداخلى ١٠٧ مم من PVC يقوم بتغذية حقل مستطيل الشكل ويوضع المشعب على انحدار ٢% لأسفل وطول المشعب ١٠٠ متر ويمر بمدخل المشعب تصرف ٢٥,٢٣ لتر/ث والضغط عند المدخل ١ بار (١٠ متر ماء). احسب توزيع الضغط داخل الخط.

الحل

$$H_L = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times \left(\frac{1}{m+1} \right)$$

$$H_L = \frac{1.22 \times 10^{10} (100)}{(107)^{4.87}} \left(\frac{25.23}{150} \right)^{1.852} \times \left(\frac{1}{1.852+1} \right) = 2.062$$

m

وبالتعويض فى معادلة توزيع الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك عند قيم مختلفة لـ

$$\ell = 0, 25, 50, 75, 100$$

$$\frac{H_\ell}{H_L} = 1 - \left(1 - \frac{\ell}{L} \right)^{m+1}$$

$$\frac{H_\ell}{2.062} = 1 - \left(1 - \frac{0}{100} \right)^{2.852} = 0$$

$$(a) \ell = 0 \quad H_\ell = 0$$

$$\ell = 25 \quad H_\ell = 1.154$$

$$\ell = 50 \quad H_\ell = 1.77$$

$$\ell = 75 \quad H_\ell = 2.022$$

$$\ell = 100 \quad H_\ell = 2.062$$

ويتم حساب الزيادة فى الضغط نتيجة الانحدار لأسفل P_e

$$P_e = S_0 \cdot \ell$$

ويتم إيجاد الضغط على طول الخط من العلاقة

$$P_\ell = P_i - H_\ell + P_e$$

ويتم تلخيص البيانات المتحصل عليها في الجدول التالي:

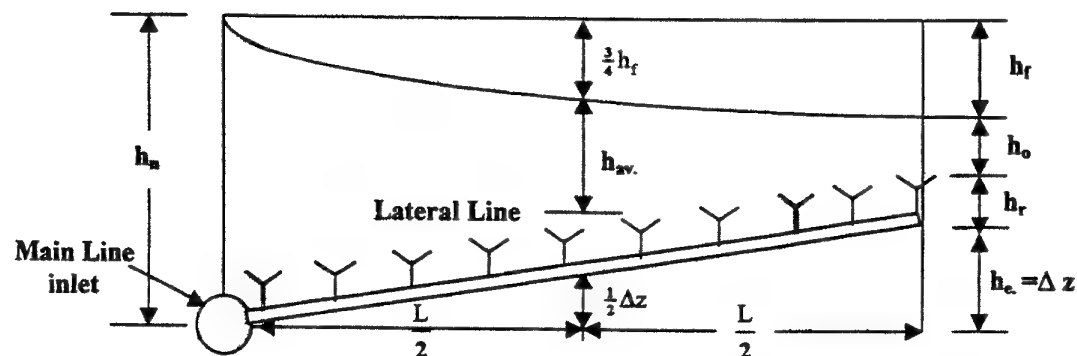
ℓ	P_i (m)	H_f (m)	$P_e = s_0 \cdot \ell$	$P_e = P_i - H_f + P_e$
0	10	0	$0.02 \times 0 = 0$	$10 - 0 + 0 = 10$
25	10	1.154	$0.02 \times 25 = 0.5$	$10 - 1.154 + 0.5 = 9.346$
50	10	1.77	$0.02 \times 50 = 1$	$10 - 1.77 + 1 = 9.23$
75	10	2.022	$0.02 \times 75 = 1.5$	$10 - 2.022 + 1.5 = 9.478$
100	10	2.062	$0.02 \times 100 = 2$	$10 - 2.062 + 2 = 9.938$

ويتضح من الجدول أن توزيع الضغط في الخط يكون تقريباً ثابت ويرجع ذلك إلى أن الفاقد في الضغط يعوضه الزيادة في الضغط نتيجة الانحدار لأسفل.

الضغط اللازم لتشغيل خط الري

Lateral line

الخط المتعدد المخارج (خط الري) قد يكون كما ذكرنا خط الرش أو خط تنقيط ولكن الحالة العامة هي لخط الرش حيث يحتوى على رشاشات ترتفع بحامل riser طوله H_f وقد يميل الخط لأعلى بانحدار s_0 والرسم التالي يوضح هذا التخطيط



ويفترض الشكل السابق أن الرشاشات موزعة بانتظام على طول خط الرش ومتساوية في التصرف والمسافة بين الرشاشات والفاقد الكلي في الاحتكاك H_f ومتوسط ضغط التشغيل للرشاش h_{av} وأقل ضغط تشغيل للرشاش عند نهاية الخط h_o وارتفاع حامل الرشاش على الخط h_r ومقدار انحدار الخط لأعلى منتظم ويساوي s_0 وعلى ذلك فإن أقصى ارتفاع للخط هو عند نهايته بمقدار h_e والضغط اللازم لتشغيل الخط عند بدايته h_n . وبذلك يمكن كتابة المعادلة التالية:

$$h_n = h_f + h_o + h_r + h_e$$

$$h_n = h_{av} + \frac{3}{4}h_f + \frac{1}{2}h_e + h_r$$

$$P_i = P_n = h_n = h_{av} + \frac{3}{4}h_f + \frac{h_e}{2} + h_r$$

ونلاحظ هنا في المعادلة العامة أن الضغط اللازم لتشغيل خط الرش قد يرمز له $P_i = P_n = h_n$ وأيضاً نلاحظ أننا قد نعبر عن الضغط بالضاغط أو العكس

وأيضاً أنه توجد ثلاث حالات لوضع خط الرش وهي الخط يميل لأعلى uphill $+ h_e/2$

الخط أفقي level $h_e = 0$

الخط يميل لأسفل down hill $- h_e/2$

ولذلك ظهر الحد $\pm \frac{h_e}{2}$ في المعادلة ليأخذ أحد الصور السابقة تبعاً لوضع الخط. كما أننا نلاحظ أن ارتفاع الرشاش h_r يساوى صفراً في حالة الري بالتنقيط حيث أن النقاطات تتركب مباشرة على الخط بدون حامل ($h_r = 0$)

قطر خط الري

Lateral line

إن تصميم خط الرش يعنى إيجاد الضغط اللازم لتشغيله P_i وأيضاً قطر خط الرش بحيث لا يتعدى الفاقد في الضغط داخله حد معين. كما يتضح ذلك من معادلة هيزن وليامز

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times F$$

يلزم لتحديد قطر خط الري المعلومات الآتية:

- ١- التصريف المار Q
- ٢- طول الخط L
- ٣- الفاقد المسموح به في الضغط h_f
- ٤- نوع مادة الأنبوبة PVC ، PE ، الألومنيوم (قيمة C للأنبوبة).
- ٥- عدد المخارج وبالتالي قيمة معامل التخفيض F

الفاقد المسموح به في الضغط

Allowable Head Loss

معادلة التصريف خلال المخرج (رشاش أو نقاط أو فتحة على المشعب) في حالة السريان الاضطرابي:

$$q = CA\sqrt{2gh} = K\sqrt{P}$$

وتفاضل المعادلة السابقة

$$dq = K \frac{1}{2\sqrt{P}} dP$$

$$\frac{dq}{q} = \frac{dP}{2\sqrt{P}} = \frac{dP}{2P}$$

$$\frac{dP}{P} = 2 \frac{dq}{q}$$

∴ التغير في الضغط = ضعف التغير في التصريف

ووفقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية ASAE فإن التغير المسموح به في التصريف هو ١٠% وهذا يقابله تغير مسموح به في الضغط قدره ٢٠%. وعلى ذلك فإنه يمكن القول بأن:

- الفاقد المسموح به في الضغط لخط الري يجب ألا يزيد عن $\pm 10\%$ من متوسط ضغط التشغيل للرشاش.

$$\Delta H_f = \pm 0.10 h_{av}$$

وهذا يعنى أن التغير الكلى المسموح به في الضغط يساوى ٢٠% من متوسط ضغط التشغيل للرشاش.

$$\Delta H_f = 0.20 h_{av}$$

* Total pressure variation in a lateral should not be more than $\pm 10\%$ of the average lateral operating pressure. This means that the total allowable pressure variation is 20% of the average operating pressure, h_{av} .

والمعادلة السابقة للفاقد المسموح به في الضغط للخط الأفقي ولكتابة المعادلة في الصورة العامة

$$\Delta H_f = 0.20 h_{av} = H_f \pm H_e$$

$$0.20 h_{av} = H_f + H_e \quad \text{uphill}$$

$$0.20 h_{av} = H_f - H_e \quad \text{downhill}$$

$$0.20 h_{av} = H_f \quad \text{Level}$$

ومن ذلك يتضح أن الفاقد المسموح به للاحتكاك داخل الخط H_f يكون أكبر ما يمكن في حالة الخط يميل لأسفل وبذلك يمكن اختيار قطر أقل لخط الري يليها الخط الأفقي ويكون أسوأ وضع هو للخط المنحدر لأعلى حيث يقل الفاقد المسموح به للاحتكاك داخل الخط إلى أقل قدر وذلك لأننا لن نقوم بطرح مقدرا الانحدار لأعلى من الفاقد المسموح به في الضغط ($0.2 h_{av}$). ولذلك يجب تلافى ميل الخط لأعلى بقدر الإمكان.

مثال على تصميم خط الري بالرش:

خط ري بالرش يحتوى على ١٠ رشاشات تصرف الرشاش ٢,٥ م^٢ /س والمسافة بين الرشاشات ١٢ متر والخط مصنوع من الألومنيوم ($C = 146$) ومتوسط ضغط التشغيل للرشاش (٣٠ متر) والخط يميل لأعلى ٠,٥% وارتفاع حامل الرشاش ٠,٧٥ متر.

الحل

$$h_{av} = 30 \text{ m}$$

$$0.20 h_{av} = h_f + h_e$$

$$0.2 (30) = h_f + (0.5/100) \times 120$$

$$H_f = 6 - 0.6 = 5.4$$

الفاقد المسموح به في الاحتكاك

من جدول معامل التخفيض نجد $F = 0.402$ عن عدد مخارج ١٠ نقوم بإيجاد قطر خط الرش من معادلة هيزن وليامز

$$h_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times F$$

$$5.4 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 120}{(D)^{4.87}} \left(\frac{2.5 \times 10}{3.6 \times 146} \right)^{1.852} \times 0.402$$

$$D^{4.87} = 3.86994 \times 10^8 \quad D = 57.99 \text{ mm}$$

والضغط اللازم لتشغيل خط الرش عند بدايته h_n

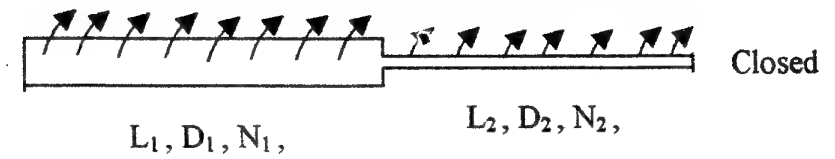
$$h_n = h_w + \frac{3}{4} h_f + \frac{1}{2} h_e + h_r$$

$$= 30 + \frac{3}{4} \times 5.4 + \frac{1}{2} (0.6) + 0.75 = 35.1 \text{ m}$$

ونلاحظ هنا أننا للتوضيح أخذنا $D = 57.99$ ولكن من الناحية العملية نقوم باختيار القطر الأقرب ونقوم بإعادة التعويض في معادلة هيزن وليامز بالقطر الذي تم اختياره وإيجاد h_f المعدلة تبعاً للقطر وبالتالي سوف تتغير قيمة h_n .

الفاقد بالاحتكاك في خط الرش ذو القطرين (التسكوبي)

Friction Loss for Dual Pipe Size Laterals



الفاقد في الاحتكاك في خط الرش الذي يحتوى على قطرين بدلا من قطر واحد وذلك للتوفير في تكاليف الأنابيب باستخدام قطر أقل لجزء من الخط حيث يقل فيه التصريف المار نتيجة تناقص التصريف في الخط ذو المخارج يمكن إيجاده عن طريق إيجاد الاحتكاك في الخط كله بالقطر الأكبر D_1 ثم نطرح منه الاحتكاك في الخط بطول L_2 وقطر D_1 ثم إضافة الاحتكاك في الخط بطول L_2 وقطر D_2 كما يلي:

$$h_{f_c} = h_{f_{(L_1+L_2, D_1)}} - h_{f_{(L_2, D_1)}} + h_{f_{(L_2, D_2)}}$$

حيث h_{f_c} : الفاقد الكلى للاحتكاك في الخط أو الفاقد المسموح به للفاقد في الضغط.

$h_{f_{(L_1+L_2, D_1)}}$: الفاقد في الاحتكاك للخط كله بالقطر الأكبر D_1

$h_{f_{(L_2, D_1)}}$: الفاقد في الاحتكاك لطول الخط L_2 بالقطر الأكبر D_1

$h_{f_{(L_2, D_2)}}$: الفاقد في الاحتكاك لطول الخط L_2 بالقطر الأصغر D_2

ونلاحظ هنا أننا عندما نحسب الاحتكاك فإننا نبدأ من نهاية الخط حيث التصريف صفراً.

وتوجد طريقة أخرى لإيجاد الاحتكاك في خط الرش ذو القطرين باستخدام معادلة توزيع الفاقد في الضغط والتي تم استنتاجها سابقاً

$$\frac{h_x}{h_f} = \left(\frac{x}{L}\right)^{m+1}$$

وبتعريف الحدود الآتية يمكن كتابة معادلة الاحتكاك بالخط ذو القطرين كما يلي

الفاقد في الاحتكاك لطول الخط كله بالقطر الأكبر D_1

$$h_{f_1} = h_{f_{(L_1+L_2, D_1)}}$$

الفاقد في الاحتكاك لطول الخط كله بالقطر الأصغر D_2

$$h_{f_2} = h_{f_{(L_1+L_2, D_2)}}$$

$$h_{f_c} = h_{f_1} - h_{f_1} \left(\frac{L_2}{L}\right)^{m+1} + h_{f_2} \left(\frac{L_2}{L}\right)^{m+1}$$

$$\frac{L_2}{L} = \left(\frac{h_{f_1} - h_{f_c}}{h_{f_1} - h_{f_2}}\right)^{\frac{1}{m+1}}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad L = L_1 + L_2 \quad \text{حيث:}$$

ويمكن إيجاد ضغط التشغيل للخط ذو القطرين عند بدايته h_n كما يلي:

$$h_n = h_w + \frac{5}{8}h_f \pm \frac{1}{2}h_o + h_r$$

حيث:

 h_{av} : ضغط التشغيل المتوسط للرشاش. h_f : الفاقد في الاحتكاك في خط الرش ذو القطرين h_f .

h_e : فرق المنسوب بين بداية الخط ونهايته وإشارته موجبة إذا كان الانحدار لأعلى وسالب إذا كان الانحدار لأسفل ويساوى صفراً إذا كان الخط أفقى.

 h_r : ارتفاع حامل أو قائم الرشاش Riser

مثال:

في جنوب التحرير يتكون خط الرش النقالى من ٣٠ ماسورة ألومنيوم منهم ١٠ مواسير بقطر ٤ بوصة، ٢٠ ماسورة بقطر ٣ بوصة وطول الماسورة ٩ متر وتحتوى كل ماسورة على رشاش (RB 30) تصرفه ١,٨ م^٣/س عند ضاغط ٣٠ متر وطول حامل الرشاش ٦٠ سم وسمك جدار الماسورة ٠,٠٥ بوصة ومعامل هيزن وليامز ١٣٠. أوجد الضاغط اللازم لتشغيل الخط عند بدايته. ثم تأكد من صحة التصميم وفي حالة الخطأ أعد التصميم بالطريقة الصحيحة.

الحل

$$D_i \text{ for } 4'' = D_o - 2t = (4 - 2 \times 0.05) \times 25.4 = 99.06 \text{ mm}$$

$$D_i \text{ for } 3'' = (3 - 2 \times 0.05) \times 25.4 = 73.66 \text{ mm}$$

بتطبيق معادلة هيزن وليامز وإيجاد قيمة F معامل التخفيض من الجداول

$$h_{f(L_1+L_2+D_1)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 270}{(99.06)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 130} \right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 4.233 \text{ m}$$

$$h_{f(L_2+D_1)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 180}{(99.06)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 20}{3.6 \times 130} \right)^{1.852} \times 0.376$$

$$= 1.361 \text{ m}$$

$$h_{f(L_2+D_2)} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 180}{(73.66)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 20}{3.6 \times 130} \right)^{1.852} \times 0.376$$

$$= 5.759 \text{ m}$$

$$h_{f_{total}} = 4.233 - 1.361 + 5.76 = 8.63 \text{ m}$$

$$h_a = 30 + \frac{5}{8}(8.68) + 0.6 = 36 \text{ m}$$

للتأكد من صحة التصميم يجب التأكد من أن الفاقد في الاحتكاك داخل خط الرش لا يتعدى المسموح به وهو $0.20 h_a$ كما يلي:

$$0.20 h_a = 0.2 \times 30 = 6 \text{ m}$$

$$0.2 h_a = h_f \pm h_e$$

وحيث أن

$$h_e = 0.0 \text{ حيث}$$

وبذلك فإن الفاقد في الاحتكاك $h_f = 8.63$ يتعدى المسموح به وهو ٦

متر $h_f > 0.2 h_a$ وعلى ذلك يجب إعادة التصميم بحيث لا يتعدى الفاقد في الاحتكاك في خط الرش الحد المسموح به وهو ٦ متر كما يلي:

$$0.20 h_a = h_f + h_e$$

$$0.2 \times 30 = h_f + 0$$

$$\therefore h_f = 6 \text{ m}$$

وعند التعويض في معادلة هيزن وليامز بالفاقد في الاحتكاك ٦ متر ينتج من ذلك قطر ٩٢ مم أى يقع بين ٣ - ٤ بوصة. أى جزء من الخط ٤ بوصة والجزء الآخر ٣ بوصة. وعلى ذلك فإن

$$h_{f_1} = h_{f_{(L_1+L_2, D_1)}} = 4.233 \text{ m}$$

$$h_{f_2} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 270}{(73.66)^{4.87}} \left(\frac{1.8 \times 30}{3.6 \times 130} \right)^{1.852} \times 0.368$$

$$= 17.92 \text{ m}$$

ولإيجاد الطول L_1 للقطر الأكبر D_1 والطول L_2 للقطر الأصغر D_2 نستخدم المعادلة التالية

$$L_2 = L \left(\frac{h_{f_2} - h_{f_1}}{h_{f_2} - h_{f_1}} \right)^{\frac{1}{2.8}}$$

$$L_2 = L \left(\frac{6 - 4.233}{17.92 - 4.233} \right)^{\frac{1}{2.8}}$$

$$L_2 = L (0.481)$$

$$\therefore N_2 = 0.481 \times 30 = 14.44 \approx 15$$

$$N_1 = N_2 = 15$$

أى نصف الخط ٤ بوصة والنصف الآخر ٣ بوصة وفى هذه الحالة نقوم بحساب الفاقد الكلى بالاحتكاك فى الخط ونقارنه بالحد المسموح به

$$h_{f_{\text{كلى}}} = h_{f_1} + \left(\frac{L_2}{L} \right)^{2.8} [h_{f_2} - h_{f_1}]$$

$$h_{f_{\text{كلى}}} = 4.233 + \left(\frac{15}{30} \right)^{2.8} [17.92 - 4.233]$$

$$= 6.198 \text{ m}$$

وعلى ذلك فإن الفاقد فى الاحتكاك يساوى تقريباً الحد المسموح به وبذلك يتم التعديل بأن يكون خط الرش الذى يحتوى على ٣٠ ماسورة يكون نصف الخط ١٥ ماسورة بقطر ٤ بوصة والنصف الآخر ١٥ ماسورة بقطر ٣ بوصة.

تصميم الخط الرئيسى

Main line

يتم تصميم الخط الرئيسى بحيث لا تتعدى سرعة المياه داخله للأنياب البلاستيك ١,٥ م/ث (٥ قدم/ث) وللأنابيب المعدنية ٢ م/ث (٧ قدم/ث) لتجنب حدوث طرق المياه water hammer داخل الخط. وهناك قاعدة عامة Rule of thumb فى تصميم الخط الرئيسى لشبكة الري هى:

- لاختيار قطر الخط الرئيسى تبدأ الحسابات بفرض فاقد فى الاحتكاك H_f يساوى ٧ متر (10 psi).
- وفى بعض الأحيان يصمم الخط بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به فى الضغط بالاحتكاك ٤ م/١٠٠ متر طول أى ($J = 4 \text{ m} / 100 \text{ m}$).
- وفى حالات أخرى نقوم بعمل موازنة من التوفير فى تكاليف المواسير للخط الأقل قطراً والزيادة فى تكاليف الطاقة نتيجة زيادة الاحتكاك وبالتالي القدرة اللازمة للضخ فى المواسير الأقل قطراً.
- ومن الناحية العملية فإننا نقوم بإيجاد قطر الخط الرئيسى بحيث لا تتعدى سرعة المياه الحد المسموح به ثم نقوم بإيجاد الفاقد فى الاحتكاك لهذا القطر ونتأكد أنه لا يتعدى ٤ م لكل ١٠٠ متر طول.

ويمكن استخدام المعادلة الآتية مباشرة لإيجاد قطر الخط الرئيسى:

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

حيث: d : قطر الخط بالمم

Q: التصريف م^٣/س

V: سرعة المياه م/ث

مثال:

إذا كان المطلوب إيجاد قطر الخط الرئيسي اللازم لمرار تصريف قدره ١٥ م^٣/س إذا كانت أقصى سرعة مسموح بها للمياه ١,٥ م/ث.

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{15}{1.5}} = 59.45 \text{ mm}$$

دعنا نتأكد من أن الفاقد في الضاغط لا يتعدى المسموح به بالتعويض في معادلة هيزن وليامز

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} L}{(D)^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852}$$

$$= \frac{1.22 \times 10^{10} \times 100}{(59.45)^{4.87}} \left(\frac{15}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$= 2794.0893 \times 1.31137 \times 10^{-3} = 3.664 \text{ m}$$

وبذلك يتضح أن الفاقد في الاحتكاك هو ٣,٦٦ متر / ١٠٠ متر يقل من الحد المسموح به وهو ٤ م / ١٠٠ م.

القطر الاقتصادي للخط الرئيسي

Economic Pipe Size

إذا تم اختيار قطر أقل من القطر الاقتصادي الأمثل فإن تكلفة الطاقة المفقودة في الاحتكاك تكون أكبر من الوفرة في تكلفة القطر الأقل. أما إذا تم اختيار قطر أكبر من القطر الاقتصادي الأمثل فإن الفرق في تكلفة القطر الأكبر تكون أكبر من الوفرة في تكلفة الطاقة المفقودة في الاحتكاك. ولذلك فإن القطر الاقتصادي الأمثل للخط الرئيسي هو ذلك القطر الذي يتساوى عنده التكلفة السنوية الثابتة للأنابيب مع تكاليف التشغيل الناتجة عن ضخ المياه في الخط (Keller and Bliesner 1990). وتتلخص عملية إيجاد القطر الاقتصادي للخط الرئيسي في:

١- اختيار الفروض المناسبة لكل من البيانات الآتية

التصريف المطلوب امراره - نوع مادة الأنابيب ومعامل هيزن وليامز
المقابل لها - العمر الافتراضي للأنابيب - تكلفة المتر الطولى من الأنابيب - سعر الفائدة على رأس المال - سعر الكهرباء بالكيلووات ساعة أو سعر لتر الوقود - ساعات التشغيل السنوى لنظام الري - كفاءة المضخة - كفاءة المحرك.

٢- اختيار عدة أقطار مناسبة للتصريف المطلوب امراره.

٣- إيجاد الاحتكاك في المواسير متر / ١٠٠ متر.

٤- إيجاد الوفرة في تكلفة المواسير نتيجة اختيار القطر الأقل.

٥- إيجاد تكلفة الطاقة نتيجة اختيار القطر الأقل.

٦- تحديد القطر الذى عنده الوفرة في تكلفة المواسير أقل من أو يساوى

الزيادة في تكلفة الطاقة فيكون هذا هو القطر الاقتصادي الأمثل.

ويمكن إيجاد الوفر في تكلفة المواسير باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{Pipe cost saving} = (C_{pb} - C_{ps}) \text{ CRF}$$

حيث: CRF: معامل استرداد رأس المال ويعتمد على سعر الفائدة والعمر الافتراضي للمواسير.

C_{pb} : تكلفة المواسير ذات القطر الأكبر بالجنيه للمتر.

C_{ps} : تكلفة المواسير ذات القطر الأصغر بالجنيه للمتر.

ومعامل استرداد رأس المال Capital Recovery Factor يمكن إيجاده من الجدول أو حسابه من المعادلة الآتية:

$$\text{CRF} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

حيث: i : سعر الفائدة السنوية على رأس المال كنسبة كسرية

n : العمر الافتراضي للمواسير أو سنوات الاستهلاك (سنة)

ولتسهيل عملية إيجاد أسعار المواسير للمتر الطولى بالنسبة للأقطار المختلفة يمكن استخدام المعادلات الآتية التى تربط بين كثافة مادة الأنابيب والقطر وسمك جدار الأنبوبة وتكلفة وزن كيلو جرام من المادة الخام للأنابيب resin cost واتباع طريقة تكلفة وزن كيلو جرام من مادة الأنبوبة يجعل السعر متوافق consistent لجميع الأقطار أى الأسعار مبنية على أساس واحد.

ومعادلة حساب تكلفة المتر من المواسير هي:

$$C_p = \frac{(D_o - t) \times \pi \times \gamma \times C_w}{1000}$$

حيث: C_p : تكلفة المتر من الأنابيب (جنيه/متر)

D_o : القطر الخارجى للأنبوبة (مم)

t : سمك جدار الأنبوبة (مم)

γ : كثافة مادة الأنبوبة (جرام/سم³)

للأنابيب PVC For PVC $\gamma = 1.5 \text{ gm/cm}^3$

للأنابيب البولي إيثيلين For PE $\gamma \cong 1.9 \text{ gm/cm}^3$

للمواسير الحديد For iron $\gamma = 7.845 \text{ gm/cm}^3$

C_w : سعر الكيلو جرام من مادة الأنبوبة. وهى تساوى حسب سعر السوق

For PVC $C_w = 5.1 \text{ L.E/kg}$

For PE $C_w = 7 \text{ L.E/kg}$

For iron $C_w = 3 \text{ L.E/kg}$

ويتم حساب الزيادة في تكاليف الطاقة بالجنيه لكل متر من المواسير المعادلة الآتية:

$$\text{Energy cost increase} = \frac{(J_a - J_b) C_{KH} \cdot Q_s \cdot T_s}{3.6 \times 10^4 E_p \cdot E_m}$$

حيث: J_a : الفاقد في الاحتكاك للأنبوبة الأقل قطراً بالمتر / ١٠٠ متر طول.

J_b : الفاقد في الاحتكاك للأنبوبة الأكبر قطراً بالمتر / ١٠٠ متر طول.

C_{KH} : سعر استهلاك الكهرباء جنيه/ كيلووات ساعة أو سعر

الطاقة فإذا كان المحرك ديزل فيحسب استهلاك الوقود

للمحرك بدلالة قدرته بالحصان ثم يتم حساب تكلفة

الوقود وبالتالي تكلفة الطاقة لكل كيلووات ساعة.

Q_r : التصريف المراد في خط الأنابيب م^٣/س

T_r : عدد ساعات التشغيل السنوي للمضخة.

E_p : كفاءة المضخة نسبة كسرية.

E_m : كفاءة المحرك نسبة كسرية.

ولإيجاد استهلاك الوقود لمحرك الديزل نستخدم المعادلة التالية:

استهلاك محرك الديزل (لتر سولار/ ساعة) = $0.25 \times \text{قدرة المحرك}$
الفرملية بالحصان

$$C_{KH} = \frac{0.25 \times HP \times C_o}{1.36}$$

حيث: C_o : سعر لتر السولار وهو حسب سعر السوق = ٠,٤ جنيه/لتر.

HP : قدرة المحرك الفرملية بالحصان.

1.36 : ثابت تحويل الحصان إلى كيلووات.

مثال:

أوجد القطر الاقتصادي الأمثل لمرار تصريف ٣٦ م^٣/س في خط

رئيسي من PVC على فرض البيانات الآتية:

سعر الكيلو PVC = ٥,٦٣ جنيه/كجم.

العمر الافتراضي للأنابيب = ١٥ سنة.

سعر الكهرباء المدعم للخريجين = ٠,٠٧ جنيه/ كيلووات ساعة.

سعر الفائدة على رأس المال = ١٥%.

ساعات التشغيل السنوي = ٢٠٠٠ ساعة/سنة.

كفاءة المضخة = ٠,٦٥

كفاءة المحرك = ٠,٨٥

معامل هيزن وليامز = ١٥٠

D_i mm	J m/100m	Cost L.E/m	Pipe cost saving L.E/m	Energy cost increase L.E/m	V (m/s)
59.2	18.77	3.16	-	-	3.63
70.6	7.96	4.40	0.21	2.739	2.55
84.6	3.29	6.36	0.34	1.1833	1.78
103.6	1.23	9.23	0.49	0.5219	1.19

في الجدول السابق يحتوى العمود الأول على القطر الداخلي لخط

الأنابيب أما العمود الثاني فيحتوى على الفاقد في الاحتكاك بالمتر/ ١٠٠ متر ونحصل عليه من معادلة هيزن وليامز. العمود الثالث يحتوى على تكلفة خط المواسير بالجنيه للمتر وهذا نحصل عليه إما مباشرة من الأسواق أو نحصل عليه من حاصل ضرب وزن المتر الطولى من الماسورة في سعر الكيلو جرام من مادة PVC وهو يساوى هنا ٥,٦٣ جنيه/كيلو جرام. العمود الرابع وهو التوفير في سعر المواسير ونحصل عليه من فرق السعر للمتر من المواسير من العمود السابق وضربه في معامل استرداد رأس المال CRF وهو يساوى هنا.

$$CRF = \frac{0.15(1+0.15)^n}{(1+0.15)^n - 1} = 0.171$$

العمود الخامس عبارة عن الزيادة في تكاليف الطاقة ونحصل عليها من معادلة حساب الزيادة في تكاليف الطاقة.

وبالنظر في الجدول نجد أن الوفر في تكاليف الأنابيب يتزايد من

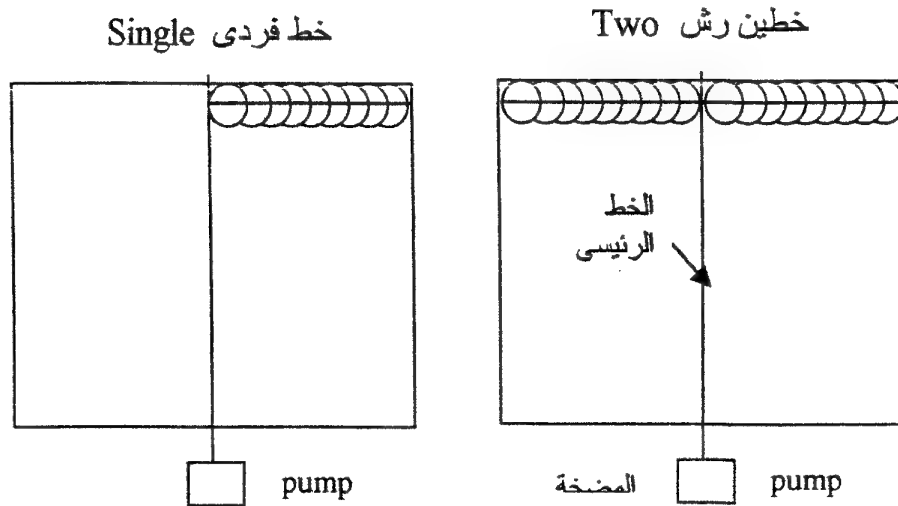
٠,٢١ جنيه/ متر إلى ٠,٤٩ جنيه/ متر أما الزيادة في تكلفة الطاقة فتتناقص

كلما زاد القطر من ٢,٧٣٩ جنيه/متر إلى أن تصل إلى ٠,٥٢١٩ جنيه/متر وبذلك نختار القطر الداخلي ١٠٣,٦ مم (خارجي ١١٠ مم) الذي عنده يتساوى تقريباً الوفر في تكلفة الأنابيب ٠,٤٩ جنيه/متر مع تكلفة الزيادة في الطاقة وهي ٠,٥٢ جنيه/متر. ونلاحظ هنا أنه عند هذا القطر تكون سرعة المياه ١,١٩ متر/ث بينما في القطر الأصغر وهو ٨٤,٦ مم تكون سرعة المياه ١,٧٨ متر/ث أى تتعدى السرعة المسموح بها وهي ١,٥ م/ث. ويلاحظ أنه إذا زاد سعر الطاقة (سعر الكيلووات ساعة) فإن الاتجاه يكون نحو القطر الأكبر أما إذا زاد سعر الأنابيب فإن الاتجاه يكون نحو اختيار القطر الأصغر.

تصميم الخط الرئيسي في حالة الري بالرش النقالى:

أولاً: تصميم الخط الرئيسي في حالة خط رش واحد
Design with single lateral

في حالة خط فردي يتم التصميم عندما يكون الخط في أبعد نقطة على الخط الرئيسي ويتم اختيار قطر الخط الرئيسي بحيث لا يتعدى الفاقد المسموح به في الاحتكاك. وفي حالة وجود خطين يتم التصميم عندما يكون الخطين في أبعد نقطة على الخط الرئيسي ويتم اختيار قطر الخط الرئيسي بحيث لا يتعدى الفاقد في الاحتكاك الحد المسموح به. Friction loss not exceeding the allowable limit



ثانياً: تصميم الخط الرئيسي في حالة تقسيم حركة خطوط الرش

Design with split-line layout

عندما يوجد أكثر من خط (٢، ٣، ...) يتم دوران الخطوط حول الخط الرئيسي وبذلك يسمى التخطيط split-line وذلك بهدف

١- معادلة الحمل على المضخة بصرف النظر عن وضع الخطوط على الخط الرئيسي.

٢- تقليل نقل الخطوط إلى موضع البداية beginning point.

٣- تقليل تكاليف الخط الرئيسي.

ولنأخذ عملية تصميم الخط الرئيسي والذي فيه يتحرك خط في جانب واحد من الخط الرئيسي ويتحرك الآخر في الجانب الآخر في عكس الاتجاه فعند التقاء الخطين في المنتصف يمر التصريف كله Q في نصف الخط الرئيسي بينما لا يمر أى تصريف في النصف الآخر من الخط وبذلك يكون

الاحتكاك في الخط H_{f1} للتصرف Q وترفع المضخة فرق المنسوب للنصف الأول وهو E_1 .

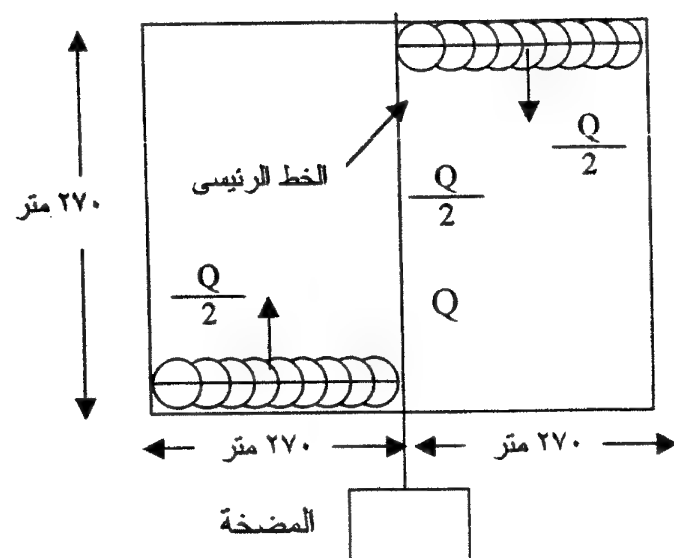
أما في حالة وصول الخط للنهاية يكون الخط الآخر في بداية الخط الرئيسي وبذلك فإن $\frac{Q}{2}$ تمر في الخط كله وترفع المضخة فرق المنسوب كله $\frac{Q}{2}$ أي $E_1 + E_2$ ويكون الاحتكاك للخط كله H_{f2} ويمر به نصف التصرف $\frac{Q}{2}$ وبذلك يكون أصغر قطر أنابيب هو الذي يتسلى فيه $H_{f1} = H_{f2} + E_2$ ويمكننا كتابة الضاغط المطلوب من المضخة في الحالتين:

$$H_m = h_n + H_{f1} + E_1$$

$$H_m = h_n + H_{f2} + (E_1 + E_2)$$

لما إذا كان الخط أفقي فإن $H_{f1} = H_{f2}$

مثال: لنعتبر مثال خط الرش الثقالي بجنوب التحرير وهو خط يحتوى على ٣٠ رشاش وتصرف الخط ٥٤ م^٣/س والخط الرئيسي يحتوى على خطين وطول الخط الرئيسي ٢٧٠ متر حيث أن عدد الأوضاع للخط الواحد ١٥ تقلة والمسافة بين الأوضاع ١٨ متر. والمطلوب تصميم قطر الخط الرئيسي بحيث لا يتعدى الفقد في الاحتكاك ٧ متر.



لنعتبر الحالة الأولى والتي فيها يتقابل الخطين عند منتصف الخط الرئيسي أي عند مسافة ١٣٥ متر والتصرف الذي يمر في الخط الرئيسي في هذه الحالة هو تصرف الخطين ١٠٨ م^٣/س ولتعتبر الخط من PVC (C = 150) وبالتعويض في معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر نصف الخط الرئيسي نجد

$$7 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{D^{4.87}} \left(\frac{108}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$D = 117.26 \text{ mm}$$

وبذلك نجد أن أقطار المواسير PVC ضغط ٦ جوى المتوافرة في الأسواق

هي

D_o (mm)	90	110	125	160
D_i (mm)	84.6	103.6	117.6	150.6

وعلى ذلك نختار قطر ٥ بوصة (١٢٥ مم قطر خارجي)

والحالة الثانية هو عندما يكون خط الرش في نهاية الخط الرئيسي والآخر في بدايته وبذلك فإن التصريف الذي يمر في الخط الرئيسي في هذه الحالة هو ٥٤ م^٣/س لمسافة طول الخط الرئيسي كله ٢٧٠ متر. لذلك فإن التصريف ٥٤ م^٣/س سوف يمر أولاً في نصف الخط الذي قطره ٥ بوصة (١١٧,٦ مم قطر داخلي) وبذلك نوجد الفاقد في الاحتكاك في هذا الجزء بالتعويض في معادلة هيزن وليامز.

$$H_{f_1} = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{(117.6)^{4.87}} \left(\frac{54}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$= 1.91 \text{ m}$$

وبذلك فإن الجزء المتبقى من الحد المسموح به للفاقد في الاحتكاك هو

$$H_{f_2} = H_{f_1} - H_{f_1}$$

$$= 7 - 1.91 = 5.09 \text{ m}$$

وبالتعويض في معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر النصف الثاني من الخط الرئيسي

$$5.09 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 135}{D^{4.87}} \left(\frac{54}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$D = 96.2 \text{ mm}$$

وعلى ذلك نختار القطر الأقرب وهو ٤ بوصة (١٠٣,٦ مم داخلي - ١١٠ مم قطر خارجي). وذلك لأنه من الناحية العملية لا يمكن اختيار قطر الخط الرئيسي أقل من قطر خط الرش الذي يبدأ بقطر ٤ بوصة كما سبق استنتاجه من قبل.

تصميم الخط الرئيسي متعدد الأقطار (التسكوبي)

على فرض أن الحد المسموح به للاحتكاك في الخط الرئيسي هو H_{f_1} وقمنا بالتعويض في معادلة هيزن وليامز لإيجاد قطر الخط وكان الناتج يقع بين قطرين أي جزء من القطر الأصغر وبقية الخط القطر الأكبر. ويمكن تعيين مسافة كل قطر من المعادلة التالية:

$$H_{f_1} = X \cdot J_2 + (L - X) \cdot J_1$$

H_{f_1} : الحد المسموح به للفاقد في الاحتكاك في الخط.

X : طول الخط للقطر الأصغر بالمتر / ١٠٠ متر.

J_2 : الفاقد في الاحتكاك للقطر الأصغر بالمتر / ١٠٠ متر.

J_1 : الفاقد في الاحتكاك للقطر الأكبر بالمتر / ١٠٠ متر.

$(L - X)$: طول الخط للقطر الأكبر بالمتر / ١٠٠ متر.

$$X = \frac{H_{f_1} - J_1 \cdot L}{J_2 - J_1}$$

مثال:

صمم قطر خط رئيسي يمر به تصرف ٥٠ م^٣/س بحيث لا يتعدى الفاقد في الضغط ٧ متر. والخط مصنوع من PVC (C = 150) وكان طول الخط ٤٥٠ متر.

الحل

بالتعويض في معادلة هيزن وليامز

$$7 = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 450}{D^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852}$$

$$D = 112.0 \text{ mm}$$

وبذلك يكون جزء من الخط ٥ بوصة (١١٧,٦ مم قطر داخلي) والجزء الآخر

٤ بوصة (١٠٣,٦ مم قطر داخلي)

$$J_1 = \frac{1.22 \times 10^{12}}{(117.6)^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852} = 1.228 \text{ m/100 m}$$

$$J_2 = \frac{1.22 \times 10^{12}}{(103.6)^{4.87}} \left(\frac{50}{3.6 \times 150} \right)^{1.852} = 2.278 \text{ m/100 m}$$

$$X = \frac{7 - 1.228 \frac{450}{100}}{2.278 - 1.228}$$

$$= 1.4038 \text{ m/100 m}$$

$$X = 1.4038 \times 100 = 140.38 \text{ m}$$

وبذلك يكون الخط الرئيسي

$$L_1 = (450 - 140) = 310 \text{ m}$$

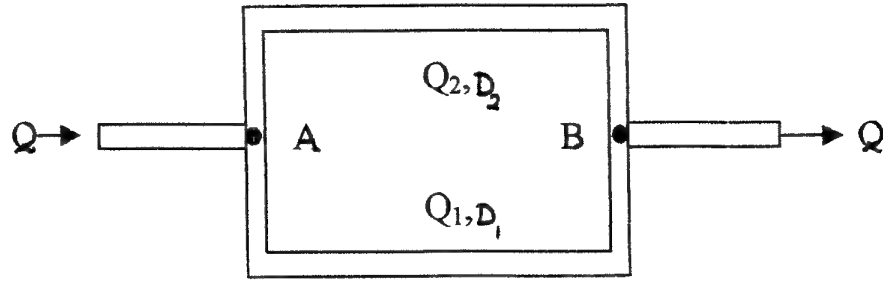
$$D_1 = 5'' (125 \text{ mm})$$

$$L_2 = 140 \text{ m}$$

$$D_2 = 4'' (110 \text{ mm})$$

الاحتكاك في الأنابيب المختلفة الأقطار المتصلة على التوازي

friction loss in parallel pipes of different sizes



الشكل يوضح خط أنابيب يمر به تصرف Q يتم تقسيمه عند العقدة A بحيث يمر التصريف Q_2 في الخط ذات القطر الأصغر D_2 ويمر التصريف Q_1 في الخط ذات القطر الأكبر D_1 إلى عقدة الالتقاء B حيث يمر التصريف الكلي Q مرة أخرى في الخط وبذلك فإن

$$Q = Q_1 + Q_2$$

وحيث أن السريان يبدأ في الانقسام عند العقدة A ثم يلتقي مرة أخرى عند العقدة B فإن الفاقد في الضغط من العقدة A إلى العقدة B يساوي H_L وهو يساوي كل من الفاقد في الخط الأصغر H_{L1} والفاقد في الخط الأكبر H_{L2} أي أن

$$H_L = H_{L1} + H_{L2}$$

أي أن التصريف يتم توزيعه عند العقدة A في الخطين بحيث يتساوى الفاقد في الضغط في كل منهما.

وبقسمة معادلة التصريف على Q_1 نحصل على

$$\frac{Q}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1}$$

وبكتابة المعادلة العامة للاحتكاك

$$H_f = K D^{-n} L Q^m$$

$$H_{L_1} = H_{L_2}$$

$$K D_1^{-n} L Q_1^m = K D_2^{-n} L Q_2^m$$

$$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^m = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^n$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

وباستخدام معادلة Q السابقة تحصل على

$$\frac{Q}{Q_1} = 1 + \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

حيث أنه في معادلة هيزن وليامز $n = 4.87$ $m = 1.852$

مثال:

المطلوب تصميم خط رئيسي طوله ٣٠٥ متر يحمل تصرف ١٨٣ لتر/ث من مضخة توربينية إلى حدود المزرعة وتنص متطلبات التصميم على ألا تتعدى سرعة المياه داخل خط المواسير ١,٥ م/ث ولا يتعدى الفاقد في الاحتكاك في الخط الرئيسي ١,٨٥ متر. وكان أكبر قطر متاح للمشروع من الأنابيب البلاستيكية PVC هو ١٢ بوصة (٣٠٤,٨ مم داخلية) - ١٠ بوصة (٢٥٦ مم داخلية). والمطلوب إيجاد قطر الأنابيب التي يمكن أن تستخدم لتحقيق شروط التصميم.

الحل

يمكن إيجاد أقصى تصرف يمر في الخط بقطر ١٢ بوصة كما يلي

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \times V$$

$$Q_1 = \frac{V \times D^2}{353.68}$$

$$= \frac{1.5 \times (304.8)^2}{353.68} = 394 \text{ m}^3 / \text{h} = 109.5 \text{ l/s}$$

$$Q_2 = Q - Q_1$$

$$= 183 - 109.5 = 73.5 \text{ l/s}$$

لإيجاد القطر الآخر للخط D_2 نستخدم معادلة الأنابيب على التوازي

$$\left(\frac{Q}{Q_1} - 1\right) = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{n}{m}}$$

$$\left(\frac{183}{109.5} - 1\right) = \left(\frac{D_2}{304.8}\right)^{\frac{4.87}{1.852}}$$

$$D_2 = 261.9 \text{ mm} \approx 10''$$

ويجب التأكد من أن شرط كل من سرعة المياه والفاقد في الاحتكاك لا يتعدى الحد المسموح به

$$V_2 = \frac{353.68 \times Q_2}{D_2^2}$$

$$= \frac{353.68 \times (73.5 \times 3.6)}{(256)^2} = 1.4 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$$

وبالتعويض في معادلة هيزن وليامز لأي من القطرين

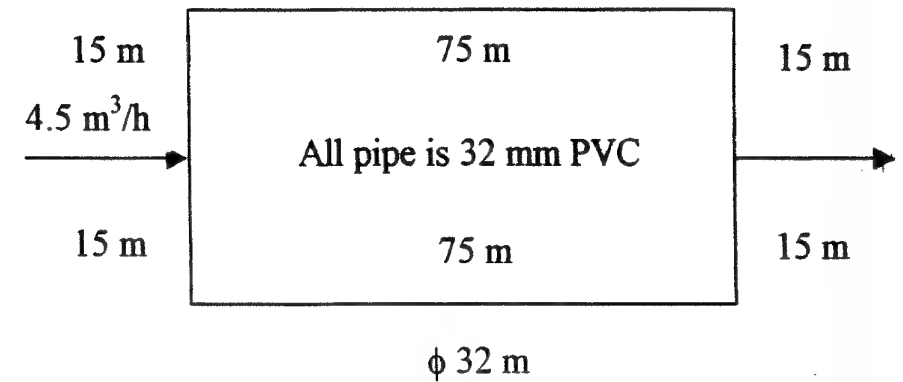
$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times 305}{256^{4.87}} \left(\frac{73.5}{150} \right)^{1.852} = 1.85 \text{ m}$$

حلقات الأنابيبPipe Loops

تستخدم حلقات الأنابيب لتقليل الفواقد بالاحتكاك أو friction losses أو مقاس الأنابيب pipe sizes.

١- الحلقات المتوازنة Balanced loops

ومثال الحلقات المتوازنة من الأنابيب أن تتفرغ شبكة الأنابيب عند العقدة إلى طول متماثل وقطر متماثل من الأنابيب إلى أن تلتقى في العقدة الأخرى كما في الشكل



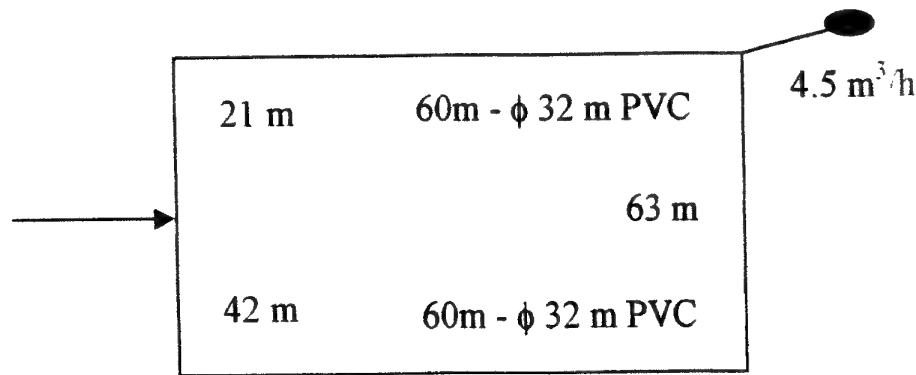
- كل جانب من الحلقة (كل فرع من خط الأنابيب) طوله ١٠٥ متر.
- ينقسم التصريف إلى نصفين ٢,٢٥ م³/س في كل جانب.
- يحسب الفاقد في الاحتكاك لتصريف ٢,٢٥ م³/س في خط أنابيب PVC قطره ٣٢ مم.

$$4 \text{ m} / 100 \text{ m} \times \text{فنجده من الجدول} \\ (105/100) = 4.2 \text{ m}$$

أي أن الفاقد في كلا الجانبين متساوي ويساوي ٤,٢ متر.

٢- الحلقات غير المتوازنة Unbalanced loops

في الحلقات الغير متوازنة من الأنابيب يختلف طول كل فرع عن الآخر ولكن لا يزال قطر الفرعين متساوي كما في المثال التالي:



- الفرع العلوي = ٨١ متر.
- الفرع السفلي = ١٦٥ متر.
- الطول الكلي = ٨١ + ١٦٥ = ٢٤٦ متر.
- التصريف الكلي = ٤,٥ م³/س
- ٢/١ التصريف الكلي = ٢,٢٥ م³/س.
- ٢/١ الطول الكلي للشبكة = ١٢٣ متر.
- الفاقد في الاحتكاك لخط أنابيب بقطر ٣٢ مم PVC ويتصرف ٢,٢٥ م³/س من الجداول يساوي ٤ م / ١٠٠ م.
- وبالتالي فإن الاحتكاك في الفرعين متساوي ويساوي

$$4 \text{ m} / 100 \text{ m} \times (123/100) = 4.92 \quad \text{Loss in the loop}$$

أى أن القاعدة العامة Rule of thumb لإيجاد الاحتكاك فى الحلقة غير المتوازنة هو أن نجد التصرف الكلى والطول الكلى للحلقة ثم نكشف عن الاحتكاك فى الخط لنصف تصرف الحلقة ونصف طول الحلقة. وبذلك فإن الاحتكاك فى الفرعين يتساوى ولكن واقعياً فإن التصرف فى الفرع العلوى سوف يكون أكبر من التصرف المار فى الفرع السفلى وذلك لأن طول الفرع العلوى أقل من طول الفرع السفلى للحلقة وحيث أن التصرف يتوزع داخل الحلقة بحيث يتساوى الفاقد فى الضغط فى الطرفين فإنه لى يحدث ذلك فلا بد أن يمر تصرف أكبر فى الطول الأقل وتصرف أقل فى الطول الأكبر.

الفاقد فى الضغط لشبكة الري

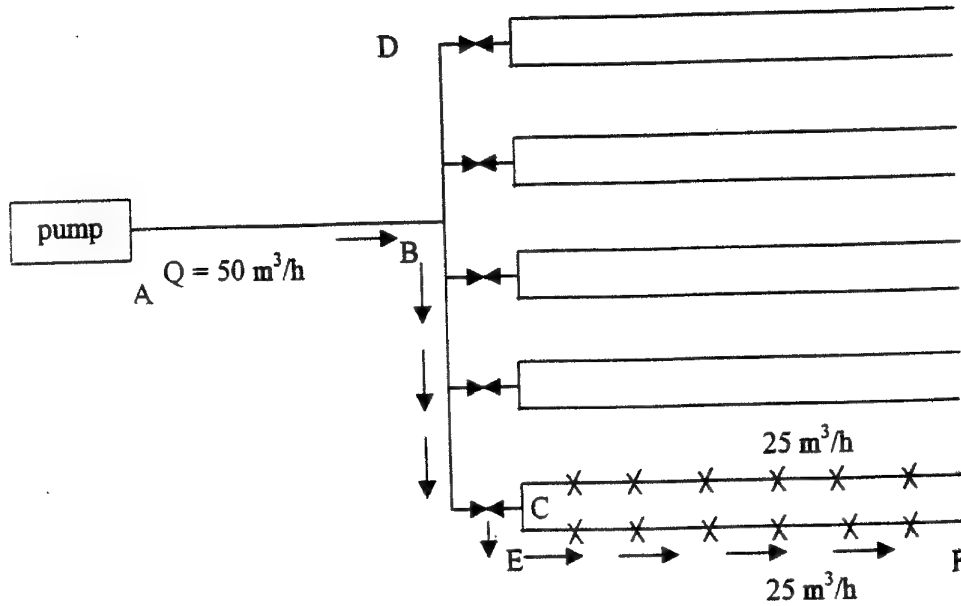
Head losses calculation for irrigation

للقيلام بحساب الفاقد فى الضغط لشبكة الري نقوم أولاً بتحديد مسار المياه فى الشبكة من المضخة حتى أبعد نقطة فى الشبكة وتشمل:

- ١- خط التغذية Supply line
- ٢- الخط الرئيسى Main line
- ٣- للخط الفرعى Sub-main
- ٤- خط الرش Lateral line

وخلال مسار المياه توجد وصلات ومحابس يتم حسابها وإضافتها إلى الفواقد فى الاحتكاك وعادة يتم إضافتها بنسبة ٢٠% من الفاقد فى الاحتكاك فى خط الأنابيب.

وعند اختيار مسار المياه فى الشبكة يجب اختبار المسار الذى يحدث فيه أقصى فاقد فى الضغط خلال الشبكة كما هو واضح فى الشبكة التالية وهو المسار ABCEF



Head losses in line	AB	with $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
Head losses in line	BC	with $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$
Head losses in line	CE	with $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
Head losses in line	EF	with $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

وشبكة الري بالرش السابقة تتكون من ٥ محابس أو ٥ قطع block يتم فتح المحابس على التعاقب بمعنى أن يتم الري قطعة قطعة. ونلاحظ هنا أن نقوم بتصميم خط رش واحد EF وهو يمثل باقى خطوط الرش. وأيضاً نقوم بتصميم مشعب واحد وهو CE وأيضاً خط فرعى واحد هو BC ثم أخيراً

الخط الرئيسى AB. ثم تضاف هذه الفواقد لإيجاد الضاغط المانومتري المطلوب من المضخة. ويجب التنبيه بعدم جمع أى فواقد في الضغط خارج مسار المياه الذى تم تحديده وهو ABCEF وأيضا يجب التعامل مع خط الرش على أساس الضغط اللازم لتشغيله h_m بحيث لا يجب دخول الفاقد في الضغط داخل خط الرش في الحسابات مرتين لأن h_m تحتوى داخلها على الفاقد في خط الرش وعلى فرق المنسوب وعلى متوسط ضغط تشغيل الرشاش كما سبق توضيحه.

تحديد أقصى سحب للمضخة

Maximum Practical Suction Lift

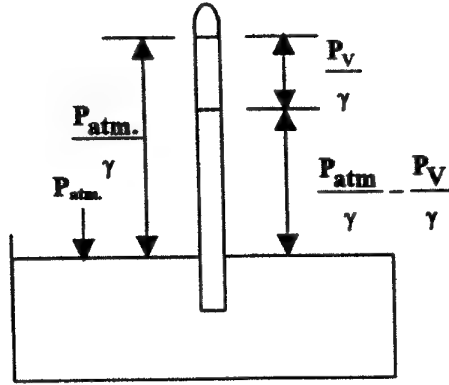
إذا افترضنا أنبوبة بارومترية كما في الشكل فإنه نتيجة الضغط الجوى يرتفع عمود الماء داخل الأنبوبة البارومترية بمقدار $\frac{P_{atm}}{\gamma}$ ولكن نتيجة لتكون بخار الماء داخل الفراغ لزيادة درجة الحرارة عن الصفر فإن ضغط هذا البخار يقوم بالضغط على سطح الماء في الأنبوبة وتخفيضه بمقدار $\frac{P_v}{\gamma}$ ويكون نتيجة ذلك هو أن ارتفاع عمود الماء في الأنبوبة البارومترية هو $\frac{P_v}{\gamma}$

وهذا يعتبر الضاغط الجوى الفعلى عند درجة الحرارة الفعلية.

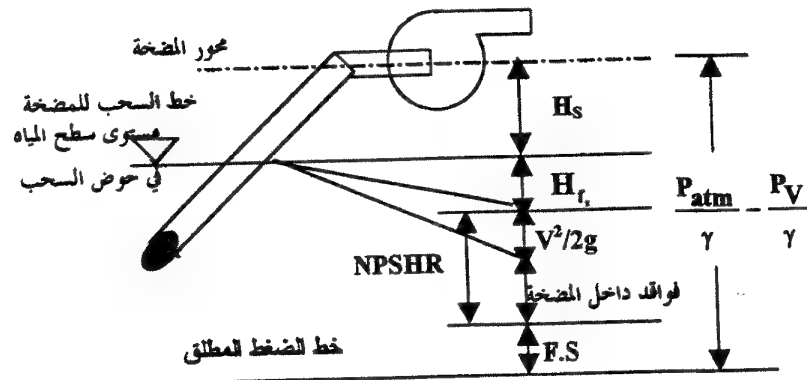
وهذا يعنى أننا إذا قمنا بوضع أنبوبة مفتوحة الطرفين في الماء وقمنا بشفط الماء لأعلى فإننا نتوقع صعود الماء في الأنبوبة لارتفاع لا يزيد عن

ولكن يوجد فواقد في الضغط داخل الأنبوبة نتيجة احتكاك الماء

نتيجة السريان في الأنبوبة يكون نتيجته التخفيض في ارتفاع المياه أيضا. ولتطبيق ذلك على خط السحب للمضخة يمكن توضيح ذلك كما بالشكل



ارتفاع عمود الماء في الأنبوبة البارومترية



$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} = H_s + H_f + NPSHR + F.S$$

حيث: $\frac{P_{atm}}{\gamma}$: الضاغط الجوى بالمتري وهو يعتمد على منسوب

المنطقة فوق سطح البحر γ

$\frac{P_v}{\gamma}$: الضاغط البخارى بالمتري وهو يعتمد على درجة

حرارة التشغيل. γ

H_s : وهو أقصى سحب للمضخة (أقصى ارتفاع للمضخة

فوق سطح المياه في حوض السحب) بالمتري.

H_f : مجموع الفواقد في خط السحب بالمتر (فواقد

الاحتكاك والانحناءات والمصفاه ومحبس القدم

(Foot Valve

NPSHR : صافي ضاغط السحب الموجب المطلوب للمضخة

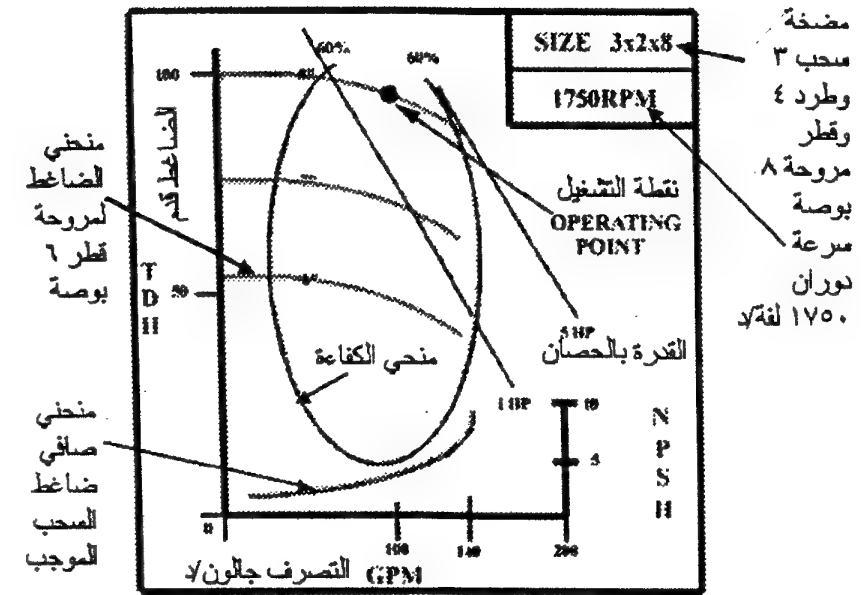
وهو عبارة عن فواقد الضغط داخل المضخة وتعطى

بدلالة تصرف المضخة في منحنيات أدائها. Net

positive suction head required

F.S : معامل أمان يؤخذ مساوياً ٠,٦١ متر (٢ قدم)

.Factor of safety



مثال لمنظي أداء مضخة طاردة مركزية

ويتأثر الضاغط الجوي بالمنسوب E أى الارتفاع عن مستوى سطح البحر كما يلي؛

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 10.33 - 0.00108 E$$

حيث: E: منسوب المنطقة عن سطح البحر بالمتر.

ويمكن إيجاد ضاغط البخار $\frac{P_v}{\gamma}$ بالمتر بدلالة درجة حرارة الجو

درجة مئوية كما يلي

t (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\frac{P_v}{\gamma}$ (m)	0.06	0.09	0.13	0.17	0.24	0.32	0.43	0.58	0.76	0.99	1.28

مثال:

احسب أقصى سحب لمضخة تضخ المياه بتصرف ٠,٣٨ م^٣/ث وكانت درجة حرارة التشغيل ٢٠°م. والفواقد في ماسورة السحب متضمنة الفواقد في المصفاه ومحبس القدم ١,٥٨ م وكان منسوب المضخة ٣٠,٥ متر فوق سطح البحر. ومن منحنيات أداء المضخة وجد أن صافي ضاغط السحب الموجب المطلوب عند التصريف المعطى يبلغ ٤,٨٣ متر.

الحل

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 10.33 - 0.00108 E$$

$$= 10.33 - 0.00108 (305) = 10 \text{ m}$$

$$\frac{P_{atm}}{\gamma} = 0.24 \quad \text{من الجدول}$$

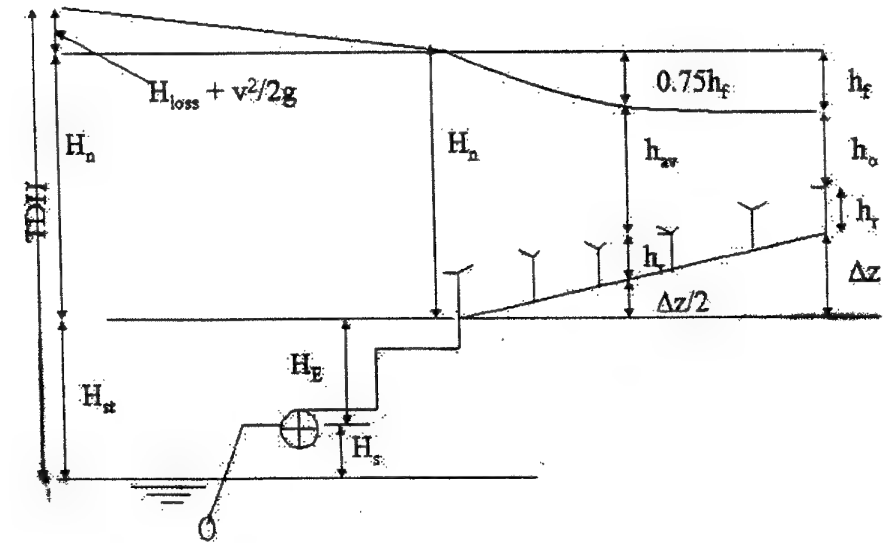
$$\frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} = H_s + H_f + NPSHR + F.S$$

$$10 - 0.24 = H_s + 1.58 + 4.83 + 0.61$$

$$H_s = 2.75 \text{ m}$$

قدرة المضخة اللازمة لتشغيل شبكة الري

يسمى الضاغط اللازم لتشغيل شبكة الري بالضاغط الديناميكي الكلي للمضخة TDH وهو عبارة عن الضاغط المانومتري للمضخة H_m وهو يساوي



حساب الضاغط الديناميكي الكلي للمضخة اللازمة لتشغيل شبكة الري

$$TDH = H_{st} + H_{loss} + \frac{v^2}{2g} + h_n$$

$$TDH = H_s + H_E + h_n + H_f + NPSHR$$

حيث: H_s : الارتفاع بين مركز المضخة وأقل منسوب لسطح المياه في حوض السحب.

H_E : الفرق في المنسوب بين مركز المضخة وأقصى ارتفاع على الخط الرئيسي.

H_f : الفواقد في الاحتكاك في خطي السحب والطرود للخط الرئيسي.

$NPSHR$: صافي ضاغط السحب الموجب المطلوب للمضخة وهو

عبارة عن الفواقد التي تحدث داخل المضخة وضاغط السرعة وتعطى في منحنيات أداء المضخة. (Net

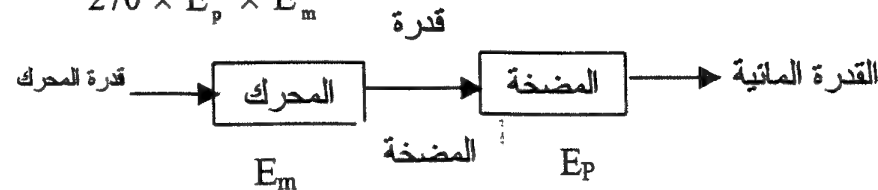
positive suction head required

h_n : ضاغط تشغيل خط الري عند بدايته.

$$h_n = h_{av} + \frac{3}{4}h_f + \frac{1}{2}h_e + h_r$$

ونحسب قدرة المحرك اللازمة لتشغيل المضخة كما يلي:

$$HP = \frac{TDH \times Q}{270 \times E_p \times E_m}$$



حيث: HP : قدرة المضخة بالحصان.

TDH: الضاغط الديناميكي الكلي أو الضاغط المانومتري للمضخة بالمتر.

Q: تصرف المضخة (م^٣/س).

E_p: كفاءة المضخة وتساوى تقريباً ٠,٨٢.

E_m: كفاءة المحرك وتساوى ٠,٩٠ في حالة المحرك الكهربى

وتساوى ٠,٦٠ في حالة المحرك الديزل.

ويمكن توضيح الوحدات المختلفة في حساب القدرة المانية سواء بالحصان أو الكيلووات كما يلي في الجدول:

$kW = \frac{\ell / s \times m}{100}$	$HP = \frac{\ell / s \times m}{75}$
$kW = \frac{m^3 / s \times m}{360}$	$HP = \frac{m^3 / h \times m}{270}$
$kW = 9.8 m^3 / s \times m$	$kW = 1.36 HP$

وإذا كان المطلوب حساب قدرة المضخة فقط ففي هذه الحالة تحذف كفاءة المحرك E_p من المعادلة ونكتفى بكفاءة المضخة E_p فقط. أما إذا كان المطلوب حساب القدرة المانية فإننا نحذف كل من كفاءة المضخة E_p وكفاءة المحرك E_m من المعادلة.

طرق المياه

Water Hammer

تعريف طرق المياه

عندما تتساق المياه من الأنابيب فإنها تمتلك طاقة حركة تتناسب مع كتلة المياه المتحركة ومربع سرعتها فعندما تتوقف هذه المياه عن الحركة نتيجة لإغلاق محبس في طريقها فإن طاقة الحركة هذه تتحول إلى طاقة ضغط على شكل زيادة مفاجئة في ضغط التشغيل العادى للمياه داخل الأنابيب ويسمى مقدار الزيادة المفاجئة في الضغط بضغط طرق المياه Surge pressure or water hammer

أسباب حدوث طرق المياه فى الأنابيب

- ١- الغلق المفاجئ لمحبس فى خط الأنابيب.
- ٢- الغلق المفاجئ لمحبس عدم الرجوع check valve عند عكس اتجاه السريان.
- ٣- الغلق المفاجئ لفتحة التهوية فى محبس الهواء air vent.
- ٤- أثناء بدء تشغيل المضخة واندفاع المياه المناسبة واصطدامها بأجزاء الشبكة المغلقة أو المياه الساكنة فى الأماكن المنخفضة.

مضاعفات السرعة العالية للمياه داخل أنابيب الري البلاستيكية

- ١- حدوث طرق للمياه.
- ٢- حدوث اهتزازات فى الخطوط.
- ٣- تآكل الأنابيب.

٤- تكاليف الطاقة المرتفعة نتيجة زيادة الفاقد في الاحتكاك.

٥- قد يحدث مخاطر شخصية.

ويحسب الزيادة في الضاغط الاستاتيكي بالمتر ماء نتيجة طرق المياه ΔH من المعادلة:

$$\Delta H = 0.53 V \frac{L}{T}$$

حيث: ΔH : الزيادة في الضاغط بالمتر نتيجة طرق المياه.

V : سرعة سريان المياه م/ث

L : طول خط الأنابيب أعلى الصمام بالمتر.

T : زمن غلق الصمام بالثانية.

مثال:

احسب الزيادة في الضغط الاستاتيكي نتيجة غلق الصمام في خط طوله ٣٠ متر في زمن قدره ١٠ ثواني وقطر الخط ١ بوصة وسرعة المياه فيه ٢,٥ م/ث والتصرف ١,٥٧٥ لتر/ث.

الحل

$$\Delta H = 0.53 (2.5) \frac{30}{10} \cong 4m$$

في المثال السابق يمكن تخفيض الضاغط الناتج عن طرق المياه بالآتي:

أ- تخفيض طول الخط أعلى الصمام.

ب- زيادة قطر الأنابيب لتقليل سرعة المياه.

ج- زيادة زمن غلق الصمام.

١٣

تصميم نظام الري بالرش

المحوري

Center Pivot Sprinkler Irrigation System Design

لقد انتشر نظام الرش المحوري انتشاراً كبيراً في العالم منذ تسجيل اختراعه عام ١٩٥٢ ، واستخدم على نطاق ظروف التربة الرملية وظروف الصحراء وتبلغ نسبة المساحة التي يستخدم فيها الري المحوري في الولايات المتحدة أكثر من ٥٠% من المساحة التي تروى بالرش . وقد انتشرت أجهزة الري بالرش المحوري أساساً في الوسط الغربي للولايات المتحدة كبديل للري بالرش النقال لتوفير العمالة ذات التكلفة المرتفعة. ويعتبر الري واسع في زراعة الصحراء ، إذ أن هذا النظام لا يتطلب عماله في تشغيله ، ويلانم بالرش المحوري أقل نظم الري تكلفة بعد نظم الري بالرش النقال حيث يقل

عن نظم الري بالرش الثابت ونظم الري بالتنقيط عموماً ، ولكي يكون استخدام الجهاز المحوري اقتصادياً يجب ألا يقل طول الجهاز عن الطول القياسي وهو ٤٠٠ متر ، حيث يروى مساحة دائرية قدرها ١٢٠ فدان لمساحة مربعة قدرها ١٥٠ فدان ، حيث أن تكلفة الجهاز تتناسب مع نصف قطر دائرة الري (حيث تبلغ حوالي ١٠٠ دولار لكل متر من طول الجهاز) بينما المساحة المروية تتناسب مع مربع نصف القطر . وينتشر الري المحوري في مصر أساساً في منطقة الصالحية وغرب النوبارية حيث لم يتسع انتشاره لصغر الحيازات وتفكيكها . ويستخدم الجهاز المحوري على نطاق واسع في السعودية في زراعة الصحراء وخاصة في زراعة القمح.

ويمتاز الجهاز المحوري بما يلي:-

- ١- لا يحتاج إلى عمالة نسبياً في تشغيله.
- ٢- سهولة نقل المياه عبر نقطة ثابتة هي مركز دائرة الري.
- ٣- التحكم في تشغيل الجهاز عند نقطة ثابتة هي نقطة المركز.
- ٤- عند الانتهاء من عملية الري يعود الجهاز لنقطة البداية.
- ٥- سهولة إضافة الأسمدة مع مياه الري عند نقطة ثابتة هي نقطة المركز.
- ٦- إمكانية الحصول على كفاءة توزيع مياه مرتفعة.
- ٧- سهولة إدارته وتشغيله وإمكانية إضافة رياح خفيفة تلائم نوع التربة ومرحلة نمو المحصول.

ولكي تؤتي تكلفة شراء جهاز الرش المحوري ثمارها يجب تشغيل الجهاز تشغيلاً صحيحاً وصيقلته بعد تركيبه ، إذ أن مسئولية تشغيل الجهاز تشغيلاً سليماً تقع أساساً على المزارع .

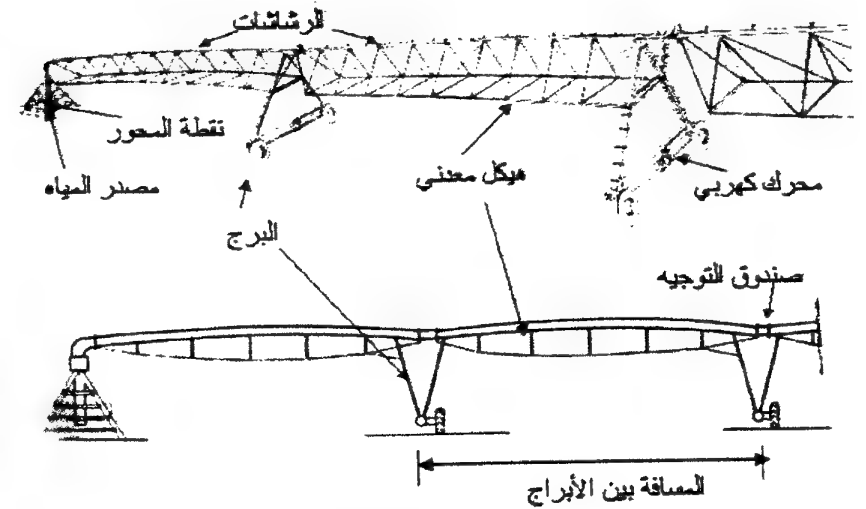
وصف الجهاز المحوري

يتركب الجهاز المحوري كما في الشكل من خط أنابيب يحتوي على رشاشات ومثبت من أحد طرفيه ، والطرف المثبت يسمى بنقطة المحور والطرف الحر يسمى بالنهاية الطرفية ، ونقطة المحور عبارة عن قاعدة خرسائية مثبت عليها المحور ، وهو نقطة تزويد الجهاز بمياه الري ، ويقوم جهاز الري المحوري برش مياه الري أثناء حركته الدائرية المستمرة حول نقطة المحور ، وخط الرش المحوري محمول عن الأرض بارتفاع حوالي ٣ أمتار بواسطة أبراج على مسافات قدرها ٥٠ متراً في المتوسط . ومثبت على كل برج موتور كهربائي قدرته ٠ إلى ١ حصان لإدارة عجلتين محمل عليهما البرج ، وذلك في حالة الأجهزة التي تدار كهربائياً وهي الأكثر انتشاراً ، والجهاز المحوري يمكنه الدوران في اتجاهين ، وأثناء الدوران يعمل البرج الأخير كقائد ، وينفذ تعليمات المؤقت الزمني في لوحة الضبط والتحكم . واستقامة الجهاز المحوري تتم من قبل الأبراج التي تتلمس مساراتها بحرية بالنسبة للبرج الأخير ، ومحور الجهاز ، وفي حالة حدوث خلل في استقامة الجهاز يتوقف الجهاز عن الحركة .

وكلما ابتعد البرج عن نقطة المحور ازدادت حركة دورانه . ولذلك ولكي يقوم الجهاز بإضافة كميات متساوية من المياه للتربة يتزايد تصرف الرشاشات كلما زاد بعد الرشاش عن المحور . أو تقترب المسافات بين الرشاشات كلما زاد بعدها عن المحور كما هو مبين بالرسم .

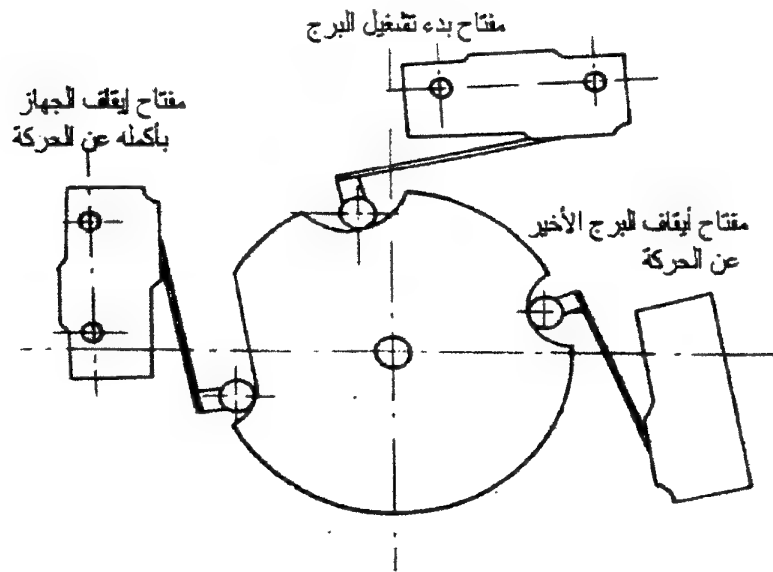
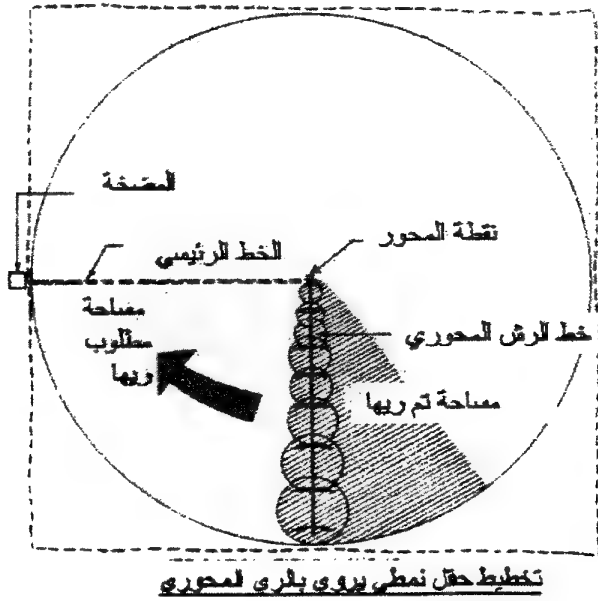
ومما تقدم يتضح أن الرشاشات مرتبة على المحور بأرقام معينة ، وأن هذا الترتيب في غاية الأهمية ولا يمكن تعديله . وفي حالة استبدال أية رشاشات عند تلفها يجب استبدالها بالأرقام والمواصفات نفسها يعتمد الضغط اللازم لتشغيل الجهاز المحوري على نوع الرشاشات المستعملة ، وأيضاً على طول الجهاز ، والنظام المحوري ذو الضغط المنخفض والرشاشات الثابتة ذات

الأنابيب الساقطة بالقرب من قمة المحصول يلائم تماماً ظروف الصحراء ، حيث أن الضغط المنخفض يخفض من استهلاك الطاقة ، والرشاشات الثابتة ذات معدل الرش المرتفع تلائم التربة الرملية الخفيفة ، واستعمال الأنابيب الساقطة يقلل من فقد المياه بالبخر وانجراف الرياح . وللحصول على توزيع جيد للمياه ، يراعى عند استعمال الرشاشات الثابتة أن تكون المسافات بينها متقاربة على المحور ، وتساوي تقريباً قدر مرة ونصف من ارتفاع الرشاشات عن قمة المحصول .



الأجزاء الرئيسية لجهاز الري بالرش المحوري

الوصف العام لجهاز الري المحوري



لجهاز الأمان في جهاز الري المحوري

لجهاز الأمان دخل صندوق التوجيه أعلى البرج

أجهزة الأمان داخل صندوق التوجيه أعلى البرج CONSTANT SPACING SPRINKLERS



نظام توزيع الرشاشات في جهاز لرش محوري

الطرق المختلفة لتوزيع الرشاشات للحصول علي توزيع مياه منتظم

الطرق المختلفة لري الأركان في جهاز الري المحوري

بخلاف استخدام أي نظام ري آخر لري الأركان التي تشكل نسبة ٢١,٥% من المساحة المربعة ($\frac{(2R)^2 - \pi R^2}{(2R)^2} = 0.785$) كان تروي بالري بالرشي الثابت

مثلا يستخدم الرشاش المدفعي في نهاية الجهاز لري الأركان وبإضافة الرشاش المدفعي تصل نسبة المساحة المروية الي ٨٥% من المساحة المربعة. ويجب أن نعلم أن وجود الرشاش المحوري في نهاية الجهاز يتطلب رفع الضغط حيث يصل الضغط الي أدنى قيمة له في نهاية الجهاز ولذلك تستخدم مضخة مساعدة في نهاية الجهاز Booster pump لرفع الضغط عند نهاية الجهاز ويتم تشغيلها أوتوماتيكيا بواسطة كامرة تقوم بتوصيل الكهرباء لها عند اقتراب الجهاز من الركن ثم تقوم بقطع الكهرباء عند ابتعاد الجهاز عن الركن وذلك حينما يركب الجهاز المحوري علي حدود طريق أو ملكية أخرى.

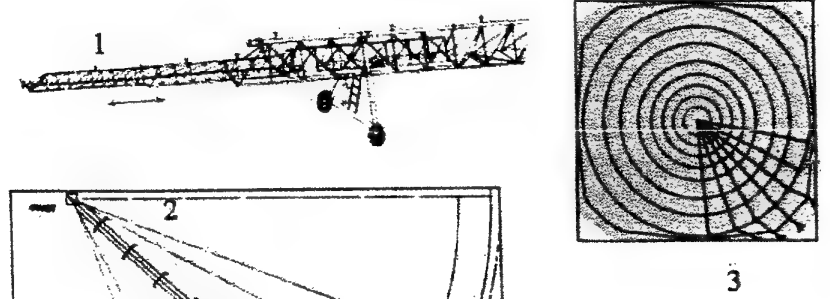
وموضوع ري الأركان يعتبر اقتصادي بدرجة كبيرة بمعنى أن يتم للموازنة بين تكاليف ري الأركان والعائد المتحصل عليه من ري هذه النسبة من الأرض التي تصل الي ٢١,٥% كما ذكرنا أو ١٥% في حالة استخدام الرشاش المدفعي في نهاية الجهاز.

وقد وضعت الشركات العالمية الرائدة في صنع أجهزة الري المحوري نظام لري الأركان Corner system نعرض منها ثلاث نظم وهيمنة بالشكل :-

١- نظام الذراع التلسكوبي الممتد والخاص بشركة Reink وهو عبارة عن ذراع تلسكوبي في نهاية الجهاز ينزلق بحركة ترددية داخل الجهاز أو خارجه لتتبع سلك مدفون في الأرض علي حدود الحقل يصدر موجات مغناطيسية يلتقطها جهاز حساس في الزراع التلسكوبي.

٢- استخدام نظام محوري صغير في نهاية الجهاز تكون مهمته ري الأركان عند الوصول إليها فقط وهذا النظام خاص بشركة Lindsay Zimmatic.

٣- الذراع الممتد الخاص بشركة Valmont Valley حيث يعمل بنفس نظرية الذراع التلسكوبي ولكنه محمول علي برج إضافي.



النظم المختلفة لري الأركان في الري المحوري

تشغيل الجهاز المحوري

التشغيل الأول بعد تركيب الجهاز

١- من الضروري تأمين طريق يصل إلى نقطة المحور ، وذلك للتحكم في تشغيل الجهاز من لوحة الضبط والتحكم عند محور الجهاز .

٢- يجب تشغيل الجهاز بدون ماء نصف دائرة في اتجاه عقارب الساعة ونصف دائرة بعكس هذا الاتجاه . هذه الخطوة تساعد على تليين جميع أجزاء تحريك الجهاز المحوري وعلب للتروس . كما أنه من خلال هذه الخطوة يمكن تحديد مسارات العجل (الكفريات) ، والتأكد من عدم وجود أية عوائق في الحقل .

٣- قد يسبب دوران الجهاز المحوري لأول مرة انحلال بعض أجزاء هيكل الجهاز المحوري ، لذا يجب إعادة شد البراغي شداً محكماً .

طريقة حساب زمن اللفة الفعلية للجهاز :-

في العادة يتم حساب الزمن الفعلي للفة تحت ظروف التشغيل في الحقل حيث أن الزمن النظري للفة يختلف عن الزمن الفعلي ، لاختلاف ظروف التربة ومقاسات العجل وانزلاقه ، وللتغلب على هذه المشكلة يقلص الزمن الفعلي لدوران الجهاز عند ضبط نسبة التوقيت في المؤقت الزمني دلتل لوحة الضبط والتحكم عند نسبة ١٠٠ % .

تقوم نسبة التوقيت في المؤقت الزمني بتنظيم سرعة الجهاز عن طريق التحكم في نسبة الزمن الذي يتحرك فيه البرج الأخير في الدقيقة الواحدة . فمثلاً إذا قمت بضبط نسبة التوقيت على ١٠٠ % فمعنى ذلك أن البرج الأخير يتحرك ٦٠ ثانية في الدقيقة ، أي يتحرك باستمرار دون توقف ، أما إذا تم الضبط على نسبة توقيت ٧٥ % فإن البرج الأخير يتحرك ٤٥ ثانية كل دقيقة ، أي يتحرك ٧٥ % من الدقيقة وهكذا . فإذا كان الجهاز يقوم بإكمال اللفة في زمن ١٢ ساعة عند ضبط نسبة التوقيت على ١٠٠ % فإنه يقوم بإكمال اللفة في زمن ١٦ ساعة عند ضبطه على نسبة ٧٥ % ($١٦ = ١٢ \div ٠,٧٥$) وهكذا .

كيف تختار نسبة التوقيت المناسبة :-

كلما دار الجهاز المحوري بسرعة ، قلت كمية مياه الري المضافة للتربة ، فعمق مياه الري التي يضيفها الجهاز تتناسب عكسياً مع نسبة التوقيت ، ويمكن حساب عمق مياه الري الذي يضيفه الجهاز بالمم عند نسبة توقيت ١٠٠ % باستعانة بالمعادلة الآتية :-

تصرف الجهاز بالمتر مكعب في الساعة \times زمن اللفة بالساعات $\times 318.3$

عمق ماء الري بالمم =

(نصف قطر دائرة الري بالمتر)²

وعند شراء الجهاز المحوري يكون معلوماً من الشركة البائعة تصرف الجهاز ، وهو كمية المياه التي يستهلكها بالمتر مكعب في الساعة . فإذا كان الجهاز تصرفه ١٦٠ متر مكعب في الساعة ، ويتكون من ستة أبراج ، ونصف قطر دائرة الري له ٢٧٠ متر ، وزمن اللفة ١٢ ساعة عند ضبطه على نسبة التوقيت ١٠٠% فإن عمق ماء الري يحسب كالآتي :-

$$318.3 \times 12 \times 160$$

عمق ماء الري بالمم = $\frac{318.3 \times 12 \times 160}{(270)^2} = 8.4$ مم

(٢٧٠)²

وإذا تعذر استعمال المعادلة السابقة فيمكن استعمال طريقة تقريبية ، وهي وضع علب زيت محرك زنة واحد لتر على مسافات منتظمة تساوي ١٠ أمتار على خط واحد تحت الجهاز المحوري أثناء تشغيله على نسبة توقيت ١٠٠% ، وبعد مرور الجهاز يقاس عمق المياه للمتجمعة داخل العلب ويؤخذ متوسطها ، فيكون بالتقريب هو عمق مياه الري الصافية التي تذهب إلى التربة ، وهي تقل عن عمق مياه الري المضافة من الجهاز بمقدار الفاقد في البخار وانجراف الرياح والتي تقدر بحوالي ١٥% . وبذلك يمكننا حساب نسبة التوقيت المطلوبة لإضافة عمق معين من مياه الري كالآتي :-

عمق للماء المضاف عند نسبة توقيت ١٠٠%

نسبة التوقيت المطلوبة = $\frac{100 \times \text{عمق للماء المطلوب اضافته}}{\text{عمق للماء المطلوب اضافته}}$

عمق للماء المطلوب اضافته

فإذا كان الجهاز يضيف عمق ماء ري يساوي ١٢ مم عند توقيت ١٠٠% والمطلوب إضافة عمق ماء

١٢

ري ١٨ مم فإن نسبة التوقيت المطلوبة تكون ٦٧% ($100 - 100 = 67\%$) .

١٨

وتبقى مشكلة تحديد عمق ماء الري المطلوب إضافته ، فهذا العمق يعتمد على مرحلة نمو المحصول وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ، أما الفترة بين الريات فتعتمد بالإضافة على عوامل المحصول والتربة على العوامل الجوية . فكلما كان الجو حاراً والرطوبة منخفضة ، قلت الفترة بين الريات ، وكلم تقدمت مرحلة نمو المحصول قلت الفترة بين الريات ، فمن المعروف ان المحصول يتزايد استهلاكه من الماء بتقدم مرحلة نموه من الإنبات إلى النمو الخضري إلى الإزهار وتكوين الحبوب ، وهذه هي فترة الري للحرجه ، والتي يستهلك فيها المحصول أعلى كمية من المياه .

ويحسب عمق ماء الري المطلوب إضافته عن طريق معرفة عمق الماء المتاح للنبات ، والذي تحتفظ به التربة ، فالترية الرملية تحتفظ بعمق مياه يقدر بحوالي ٧٠ مم في عمق ١ متر من التربة .

وفي العادة لا يسمح للنبات باستهلاك كل هذا القدر من المياه من التربة ، حيث أن بعد الري مباشرة يمتص النبات الماء من التربة بسهولة ، ثم يبدأ النبات بعد ذلك في بذل جهد في الحصول على الماء من التربة كلما قلت نسبة الرطوبة في التربة إلي أن يصل إلي نقطة الذبول ، ولذلك فإن عملية الري التالية تتم عندما يستهلك النبات نسبة ٥٠% من المياه المتاحة له في التربة داخل منطقة الجنور ، وتسمى هذه النسبة بنسبة الاستفاد ، وهي تتراوح بين ٣٠ : ٧٠% ولكن كقاعدة عامة يمكن اعتبارها ٥٠% .

مما تقدم يمكن حساب عمق ماء الري والمطلوب إضافته كالاتي:-

عمق الماء المتاح بالم/متر x عمق الجنور بالمتر x نسبة الاستفلا

عمق ماء الري المضاف بالم =

كفاءة نظام الري

ولنأخذ مثالا على ذلك :-

للترية رملية خفيفة وعمق للماء المتاح لها ٧٠ مم/متر
عمق منطقة الجنور ٥٠ سم ونسبة الاستفلا ٥٠ %
وكفاءة نظام الري عادة تكون ٧٠ % في الأجواء الحارة

$$٥٠ \times ٧٠ \times ٥٠$$

$$\text{لأن عمق ماء الري المضاف} = \frac{٥٠ \times ٧٠ \times ٥٠}{٧٠} = ٢٥ \text{ مم}$$

تقويم انتظام توزيع المياه تحت جهاز الري المحوري :-

يجري تقويم انتظام توزيع المياه للحكم على حالة تشغيل الجهاز المحوري .

فسوء انتظام توزيع المياه قد يحدث نتيجة :-

١- التركيب الخطأ للرشاشات .

٢- انسداد بعض الرشاشات .

٣- ضغط المياه عن المحور غير صحيح .

٤- الظروف الجوية سيئة .

٥- انحدار الأرض غير ملائم .

٦- سرعة تشغيل الجهاز غير مناسبة .

خطوات تصميم نظام الري المحوري

١ - حساب التصرف الكلي Q المطلوب للجهاز المحوري

$$Q \times H = \pi R^2 \times \frac{ET_{crop}}{E_a}$$

حيث:

Q = التصرف الكلي المطلوب
H = ساعات الري اليومي (بحد أقصى ٢٢ ساعة في اليوم)

R = نصف قطر الري
ET_{crop} = أقصى احتياج مائي يومي
E_a = كفاءة اضافة المياه

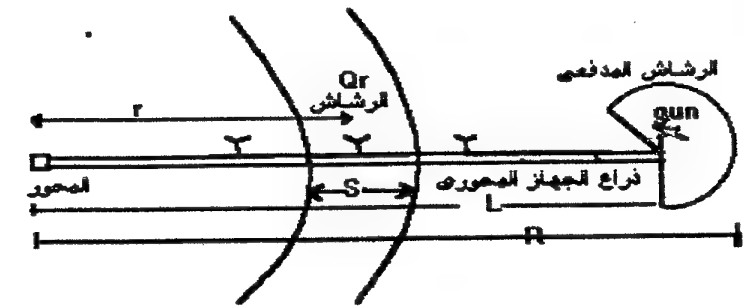
$$Q = \frac{\pi R^2 \times ET_{crop}}{H \times E_a}$$

٢- حساب تصرف الرشاش q_r على بعد (r) من المحور

يتناسب التصرف مع المساحة المطلوب ريها كما يلي حيث S = المسافة بين الرشاشات

$$\frac{qr}{Q} = \frac{2\pi rs}{\pi R^2}$$

$$q_r = \frac{2rsQ}{R^2}$$



٥- زمن إضافة المياه (T_a) عند مسافة r من المحور

يقطع الجهاز طول المحيط $2\pi r$ في زمن لفة كاملة للجهاز H بينما يقطع مسافة قدرها قطر دائرة الأبتلال للرشاش $2w$ في زمن قدره T_a

$$\frac{T_a}{H} = \frac{2w}{2\pi r}$$

$$T_a = \frac{wH}{\pi r}$$

٦- حساب معدل الرش المتوسط I_{av} عند مسافة r من المحور

$$I_{av} = \frac{dg}{T_a}$$

حيث d_g = عمق ماء الري الذي يضيفه الجهاز

T_a = زمن إضافة المياه عند مسافة r من المحور ويحسب من الخطوة

السابقة

ولنأخذ مثالا يوضح تغير معدل الرش المتوسط على طول الجهاز المحوري

بينما يظل عمق الماء المضاف ثابتا

جهاز محوري يضيف عمق ماء ٧,٦ مم في اليوم (٢٤ ساعة) يمكن حساب

زمن إضافة الماء ومتوسط معدل الرش له على أبعاد مختلفة من المركز

وبمعلومية نصف قطر دائرة الرش للرشاشات المختلفة على الجهاز كاللاتي

٣- حساب التصريف المار في خط الرش Q_r على بعد (r) من المحور

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{\pi R^2 - \pi r^2}{\pi R^2}$$

$$Q_r = \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) Q$$

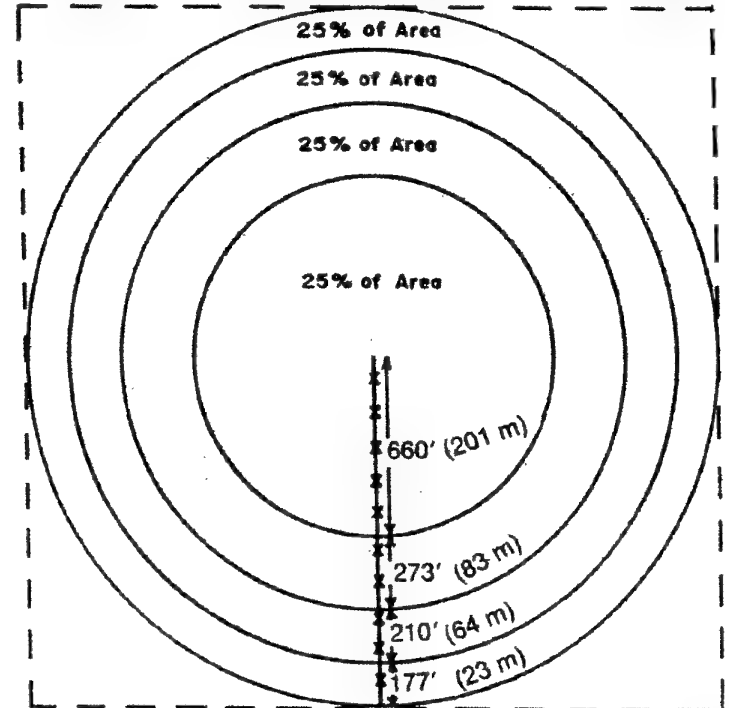
٤- حساب التصريف اللازم للرشاش المدفعي في نهاية الجهاز

بالتعويض في المعادلة السابقة عن $r = L$ ، $Q_r = q_{gun}$

حيث L = بعد الرشاش المدفعي من مركز الجهاز (طول ذراع الجهاز المحوري)

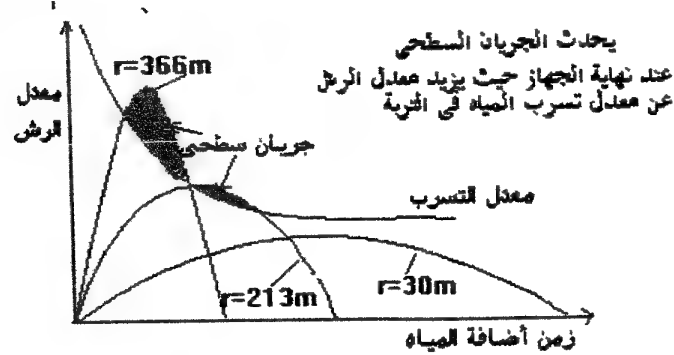
$$q_{gun} = \left(1 - \frac{L^2}{R^2}\right) Q$$

WATER APPLICATION ALONG LATERAL



PERCENT OF AREA	LATERAL LENGTH	ACRES	(HECTARES)
100	1320' (402 m)	125.66	(50.85)
75	1143' (348 m)	94.24	(38.14)
50	933' (284 m)	62.83	(25.43)
25	660' (201 m)	31.42	(12.72)

البعد عن مركز الجهاز	نصف قطر الأبتلال للرشاش	زمن إضافة المياه بالساعة	متوسط معدل الرش مم/ساعة	عمق الماء المضاف بالمم
٣٠,٥	١٢	٣	٢,٥	٧,٦
٢١٣,٥	١٥	٠,٥٩	١٣,٢	٧,٨
٣٦٦	١٨	٠,٣٦	٢١	٧,٦



٧- توزيع الضغط في جهاز الري بالرشي المحوري

$$h_r = H_0 + H_f \left[1 - \frac{15}{8} \left(\frac{r}{R} - \frac{2}{3} \left(\frac{r}{R} \right)^3 + \frac{1}{5} \left(\frac{r}{R} \right)^5 \right) \right]$$

حيث

 H_0 : الضاغط في نهاية الجهاز المحوري H_f : الفاقد في الاحتكاك في الجهاز ويتم حسابه من معادلة هيزن وليم

$$H_f = \frac{1.22 \times 10^{10} \times R \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852}}{D^{4.87}} F$$

حيث

 D : قطر خط الانابيب الداخلي مم Q : التصريف المار في خط الري لتر/ثانية

C : معامل هيزن وليم

F : معامل تخفيض ويساوى فى حالة الري المحورى $F = 0.54$

h_r : الضاغط عند الرشاش الذى يبعد r عن مركز الجهاز الذى يروى مساحة نصف قطرها R

٨ - حساب قطر فوهة الرشاش d على بعد r من المحور

$$q_r = 0.95 * \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 g h_r}$$

حيث q_r : تصرف الرشاش الذى يبعد r عن المحور

d : قطر فوهة الرشاش

h_r : ضاغط الرشاش الذى يبعد r عن المحور

٩ : حساب قدرة المحرك اللازم لتشغيل جهاز الرش المحورى

$$H_n = H_r + H_e + 1.1 H_f + H_o$$

حيث H_n : الضاغط اللازم لتشغيل جهاز الري المحورى

H_f : الضاغط المفقود فى الاحتكاك الناتج عن مرور المياه داخل الجهاز

$$H_f = \frac{R}{100} * J * 0.54$$

R : نصف قطر دائرة الرش بالمتري

J : الفاقد فى الاحتكاك (متر / ١٠٠ متر)

H_e : اقصى فرق فى المنسوب بين نقطة المحور واعلى نقطه لدائرة الجهاز

H_o : الضاغط اللازم لتشغيل الشاشة فى نهاية المحور

$$TDH = H_s + NPSH + H_f + H_e + H_n$$

حيث H_r ارتفاع الجهاز عن الأرض

TDH : الضاغط الديناميكي الكلى للمضخة بالمتري

H_s : الفرق بين مستوى المضخة ومستوى الماء فى خزان السحب

NPSH : صاقى ضاغط السحب الموجب

H_f : الفاقد فى خط السحب والخط الرئيسى

$$HP = \frac{TDH * Q}{270 * E_p * E_m}$$

حيث

HP : قدرة المحرك اللازم لتشغيل جهاز الرش المحورى بالحصان

Q : تصرف الجهاز متر مكعب / ساعة

E_p : كفاءة المضخة

E_m : كفاءة المحرك

ويمكن حساب قدرة المولد اللازم لتشغيل الأبراج KW بالكيلووات فى حالة

استخدام محرك ديزل وعدم توافر خطوط كهرباء فى المنطقة مع ملاحظة

أضافة هذه القدرة الى قدرة محرك الديزل فى هذه الحالة

$$KW = 0.746 * n * hp$$

n : عدد الابراج

hp : قدرة المحرك اللازم لتشغيل البرج الواحد بالحصان مع ملاحظة أن ٧٠

% فقط من عدد الأبراج هى التى تتحرك فى نفس الوقت.

تقييم نظام الري بالرش المحوري

من الضروري تقييم جهاز الري المحوري بعد تركيبه لتقدير عمق الماء الذي يضيفه الجهاز ويصل الى سطح الأرض ومقارنته بعمق الماء الموجود بكتالوج الجهاز عند نفس سرعة الدوران وأيضا عمل التقييم لنوات مختلفة لعمر الجهاز لأعطاء مؤشر عن التغيرات التي تحدث للجهاز نتيجة تآكل أجزائه.

١- حساب زمن اللفة H (عند نسبة توقيت معينه)

يتم تعيين سرعة البرج الأخير End drive unit الذي يبعد مسافة L عن المركز بوضع علامتين على الأرض والمسافة بينهما X ويسجل الزمن الذي يستغرقه الجهاز في قطع هذه المسافة وبففس السرعة أيضا يقوم الجهاز بقطع محيط الدائرة $2\pi L$ في زمن اللفة H .

$$V = \frac{x}{t} = \frac{2\pi L}{H}$$

٢- حساب عمق ماء الري الاجمالي d_g

$$Q * H = \pi R^2 * d_g$$

٣- حساب عمق ماء الري الصافي d_n

لتبسيط هذه الخطوة سوف يتم حساب عمق ماء الري الصافي على أنه متوسط أقل ربع لأعماق المياه المتجمعة في العلب. وذلك باستقبال مياه الرش تحت الجهاز المحوري في علب توضع على مسافات نصف قطرية متساوية قدرها ١٠ متر ومن المفضل تقليل هذه المسافات بالقرب من نهاية الجهاز حيث تزداد سرعة الجهاز كلما أبتعدنا عن المركز حيث تمثل العلب مساحات متزايدة كلما أبتعدت المسافة عن مركز الدائرة

أما عند إجراء الأبحاث فإنه يتم وضع العلب بحيث تمثل مساحات متساوية. فعلى فرض أن عدد العلب المستخدمة ٤٠ علبة فإنه يتم حساب مجموع أقل عشرة أعماق في العلب ويؤخذ متوسطهم وتعتبر هذه القيمة تساوي d_n .

٤- كفاءة اضافة المياه

$$E_a = \frac{d_n}{d_g} * 100$$

٥- حساب معامل الانتظام CU

ويمكن قياس معامل انتظام توزيع المياه من واقع تجربة حقلية أثناء تشغيل الجهاز تقاس فيها أعماق المياه المتساقطة على الأرض تحت الجهاز باستعمال علب تجميع موزعة على سطح الأرض في خط واحد على مسافات منتظمة تساوي ١٠ أمتار . ويمكن استعمال علب زيت المحرك ، زنة واحد لتر كعلب تجميع متوافرة . وعموماً يعتبر التوزيع جيداً إذا زادت قيمة معامل الانتظام على ٨٠% .

يتم حساب معامل الانتظام بطريقة أحصائية من قراءات أعماق المياه في العلب X وذلك بطرح كل قيمة من متوسط القيم وجمع هذه الفروق عن المتوسط جمع مطلق دون النظر الى الإشارة ثم القسمة على كل من المتوسط وعدد القيم n كما يلي:-

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\sum |X - \bar{X}|}{\bar{X} * n} \right]$$

حيث \bar{X} : هو متوسط عمق الماء لجميع العلب ويتم حسابه بجمع أعماق المياه في العلب والقسمة على عدد العلب كما يلي

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

وقد يكون من المفيد أيضا حساب كفاءة توزيع (DU (Distribution Uniformity وذلك بقسمة مترسب أقل ربع لأعمق المياه dn على المتوسط العام للقراءات \bar{X} كما يلي:-

$$DU = \frac{dn}{\bar{X}}$$

١٤

نظم الري بالتنقيط

Drip Irrigation Systems

الري بالتنقيط هو إضافة المياه ببطء على فترات متقاربة إلى التربة بغرض المحافظة على نمو النبات وذلك من خلال المنقطات Emitters التي توضع في أماكن مختارة على خط المياه. ومعظم المنقطات توضع على سطح التربة ولكن يمكن دفن بعضها في التربة على أعماق بسيطة بغرض حمايتها. وتدخل المياه التربة من خلال المنقطات ثم تتحرك لتبلل المساحة بين المنقطات بواسطة الخاصية الشعرية تحت سطح التربة. ويعتمد حجم التربة المبتلة على خواص التربة وتصرف النقاط وزمن الري وعدد المنقطات المستعملة ويتراوح عدد المنقطات المستعمل من أقل من منقط لكل نبات في حالة الخضراوات التي تزرع على صفوف إلى حوالي ٨ منقطات أو أكثر للأشجار الكبيرة. وقد تضاف المياه إلى التربة على هيئة قطرات أما مستمرة أو متقطعة أو قد تضاف على هيئة سريان متناهي الضغر أو على هيئة رذاذ وبناء على ذلك فقد ظهر حديثا اصطلاح ري الميكرو Micro Irrigation وهو أشمل من الري بالتنقيط ويستعمل لوصف طريقة الري التي تصف بالآتي:-

- ١- إضافة المياه بمعدل منخفض
- ٢- إضافة المياه على زمن ري طويل
- ٣- إضافة المياه على فترات متقاربة
- ٤- إضافة المياه مباشرة إلى منطقة الجذور

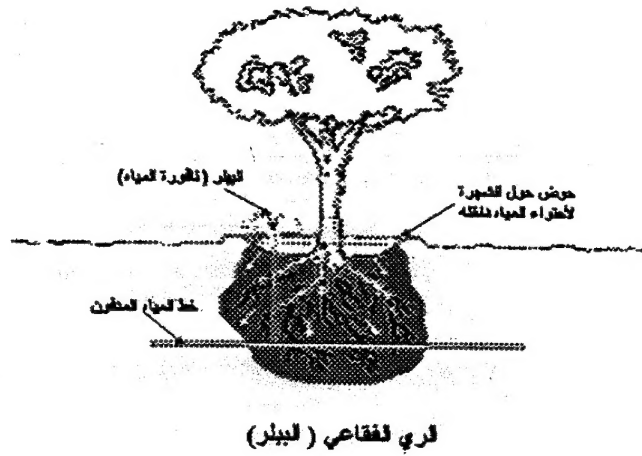
٥- إضافة المياه مباشرة عبر نظام منخفض في ضغط التشغيل.

ري الميكرو Microirrigation

هو إضافة المياه بكميات صغيرة على فترات متقاربة فوق أو تحت سطح التربة على هيئة أما قطرات أو سريان متناهي الصغر أو رذاذ خلال أجهزة أنبعاث المياه المتصلة بخط الري. ويتم ري الميكرو بطرق مختلفة مثل الببلر (الفقاعي أو النافوري) - التنقيط - الرذاذي - تحت السطحي.

١- الري الفقاعي (الببلر) Bubbler Irrigation

وهو إضافة المياه على سطح التربة على هيئة سريان صغير أو نافورة fountain حيث يكون تصرف الببلر أكبر من تصرف النقاطات وعادة يقل عن ٢٢٥ لتر/س لأن تصرف الببلر عادة يزيد عن معدل تسرب المياه داخل التربة ولذلك يتطلب استخدامه عمل حوض حول الشجرة لأحتواء المياه داخله، لذلك فهو يشابه مع الري السطحي (الغمر) وهو يستخدم أساسا لري النخيل حيث الاحتياجات المائية المرتفعة والجذور المتعمقة رأسيا. ويوجد منه تصرفات مختلفة تبدأ من ٢٠ لتر/س وحتى ٢٢٥ لتر/س وأيضا يوجد منه ببلر معوض للضغط ثابت التصرف ومنه مايمكن ضبط تصرفه من صفر الي ٢٢٥ لتر/س.



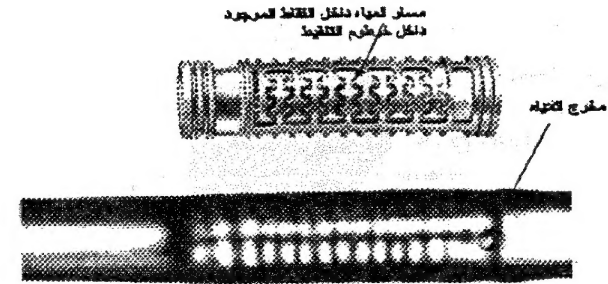
ري فقاعي (الببلر)

٢- الري بالتنقيط Drip / Trickle Irrigation

هو إضافة المياه لسطح التربة على هيئة قطرات أو سريان متناهي الصغر خلال النقاطات Emitters. وغالبا ما يطلق على الري بالتنقيط Drip أو Trickle. والنقاطات عبارة عن أجهزة تستخدم للتحكم في التصرف من خطوط التنقيط Lateral lines عند نقاط منقطعة أو متصلة وذلك عن طريق تخفيض ضغط المياه داخل النقاط. ويطلق على نقطة تصرف المياه من النقاط بنقطة الأنبعث Emission point. فإذا كان تصرف المياه من نقاط متقاربة على خط التنقيط أو يقوم خط التنقيط ذاته بترشيح المياه أو نفاذيتها خلال جدرانه porous wall فإن الخط يطلق عليه Line-source emitters أي خراطيم ذاتية التنقيط أو خراطيم تنقيط داخلية. أما إذا كان تصرف المياه من خلال نقاط مركبة على خط التنقيط على مسافات متسعة عادة أكبر من واحد متر أو نقاطات متعددة المخرج فإن خط

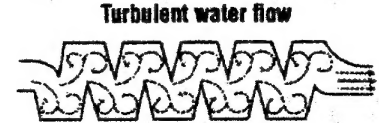
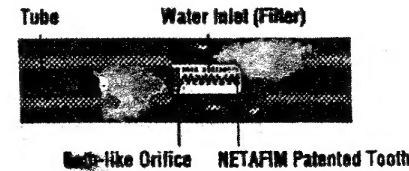
التنقيط يطلق عليه في هذه الحالة Point-source emitters أي خراطيم ذات نقاطات خارجية، وعادة يكون تصرف هذه النقاطات ٢ - ٤ - ٨ لتر/س

أما في حالة الخراطيم ذاتية التنقيط فإن تصرفها عادة أقل من ١٢ لتر/س لكل متر من طول الخرطوم.



خراطيم ذاتية لتنقيط

والخراطيم ذاتية التنقيط عبارة عن أنابيب رخيصة الثمن يوجد بها مخارج للمياه على مسافات متساوية ويستعمل للمحاصيل التي تزرع على خطوط مثل الخضراوات وكذلك القصب والقطن. وقد يطلق عليها خراطيم ذات نقاط داخلية ومن أمثلتها أنابيب GR وغيرها. ومن مميزات هذه الخراطيم أن المزارع يقوم بفردھا في الحقل دون أن يتكلف عناء تخريم الخراطيم وتركيب النقاطات والتعرض لأخطاء التركيب حيث يجب تركيب النقاطات على مسافات متساوية وعلى خط واحد. لإمكان توجيه النقاطات لأعلى أي تركيب النقاطات على السطح العلوي للخرطوم لتقليل فرصة تعرضها للانسداد بواسطة الرواسب التي تترسب على السطح السفلي للخرطوم عند توقف المياه. وتصنع أنابيب التنقيط من اللون الأسود لحجب الضوء الذي يتسبب في نمو الطحالب algae فالطحالب عبارة عن نباتات خضراء تحتاج إلى الضوء للنمو والتكاثر.



وحيث أن أنابيب التنقيط تستخدم لأربعة مواسم بسعر حوالي ٤٠ قرشاً للمتر الطولى فقد ظهر نوع آخر رقيق السمك يستخدم مدة أقل بسعر يصل إلى النصف ويسمى كوين جيل Queen-Gil أو نوع آخر يسمى T-tape وهذه الأنواع تستخدم للخضروات.

٣- الري الرذاذي Spray

هو إضافة المياه لسطح التربة على هيئة رذاذ أو قطرات رش صغيرة حيث تنتقل القطرات من خلال رشاشات صغيرة mini and micro sprinkler وتكون عرضة لتأثير الرياح على توزيع المياه water distribution وعادة يكون تصرف هذه الأجهزة أقل من ١٧٥ لتر/س. وتنقسم أجهزة الري الرذاذي إلى نوعين أساسيين هما:-

أ- الرذاذات أو البخاخات Jets

عبارة عن أجهزة رى صغيرة Spray تعمل تحت ضغط منخفض ويكون تصرف المياه فيها بمعدلات أعلى من المنقطات وتقوم بإبتلال مساحة سطحية أكبر من المنقطات وأنابيب التنقيط وذلك لأن المياه ترش خلال الهواء وتسقط على مساحة أكبر وبما أن البخاخات لا تحتوى على أجزاء متحركة فقطر دائرة إبتلالها أو مسافة القنف لها محدودة وهى تستعمل أيضاً في الري الرذاذي داخل الصوب ومن أمثلتها Micro-Jet, Fan-Spray

ب- رشاشات الميني والميكرو Mini and Micro Sprinklers

عبارة عن رشاشات صغيرة ترش المياه في دائرة لشجرة واحدة أو لعدة أشجار فهي تعطى توزيع منتظم لدائرة يتراوح قطرها من ٢ إلى ٨ متر مما يعطى توزيع جيد للجنور على نطاق أوسع وفي النهاية يعطى نمو خضرى كبير وبالتالي محصول أكبر وتحتوى الرشاشات على أجزاء متحركة تمكنها من رش المياه على مساحة دائرية أكبر من البخاخات. كما تمتاز هذه الرشاشات بقلة تعرضها للانسداد بالمقارنة بالمنقطات.



FAN SPRAY ON TREES

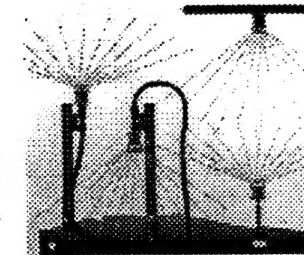
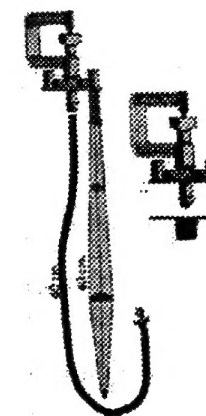
رشاش يدوي للري



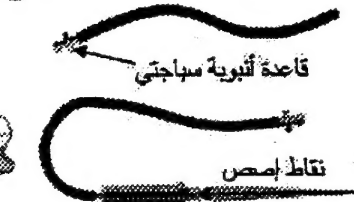
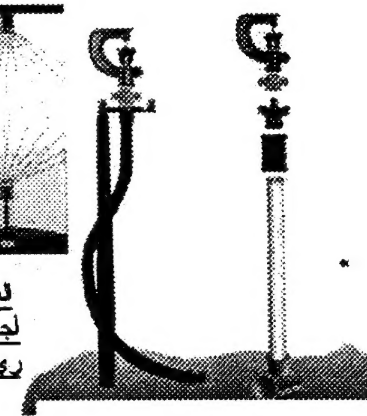
MICRO-SPRINKLER ON TREES

رشاش يدوي للري

أنواع الرشاشات المستخدمة في ري الميكرو



طرق مختلفة لترتيب
أجهزة لنبات المياه في
ري الميكرو.



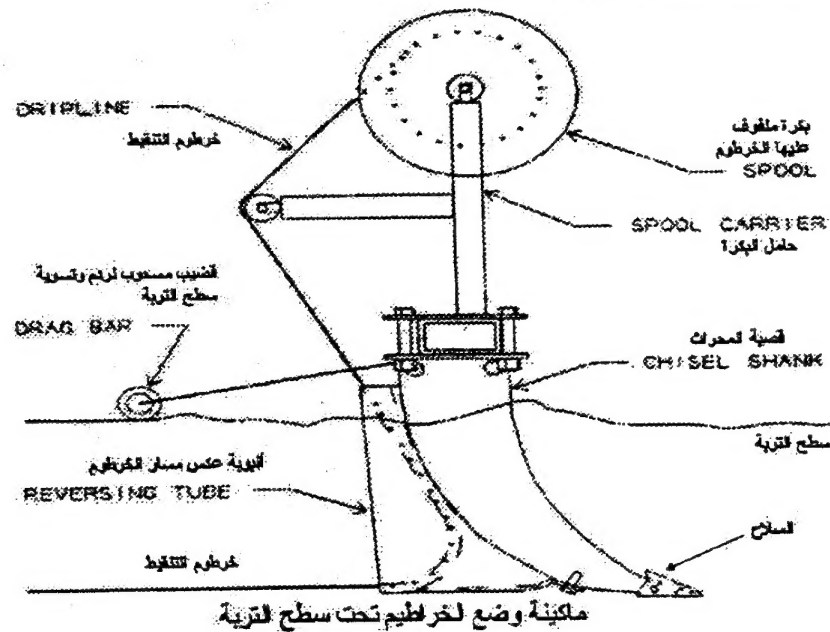
قاعدة أنبوبية مبادئة

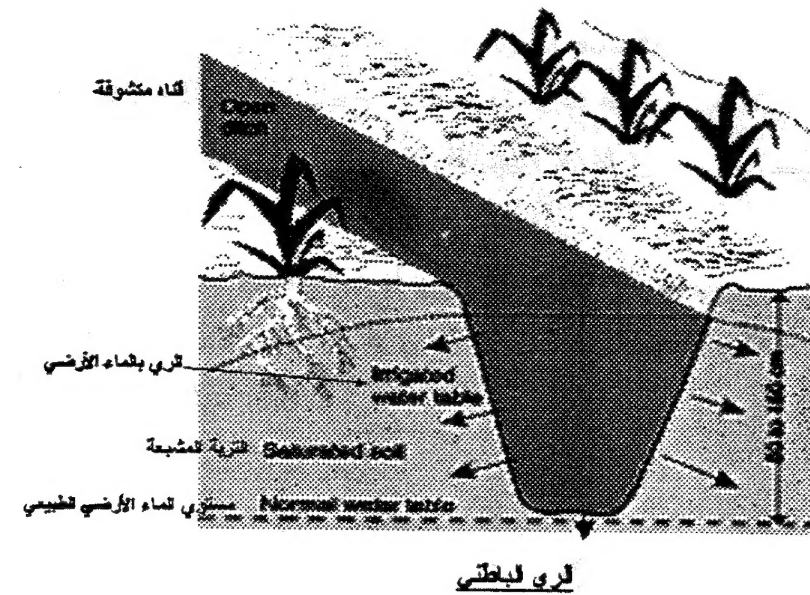
نقاط إحصاء

٤- الري تحت السطحي Subsurface Irrigation

هو إضافة المياه تحت سطح التربة من خلال خراطيم التنقيط التي تدفن تحت سطح التربة بغرض حمايتها وتقليل فقد المياه عن طريق البخر من سطح التربة وأيضا

تقليل الحشائش ويجب التفريق بين الري تحت السطحي والري الباطني Subirrigation حيث يتم الري عن طريق التحكم في مستوى الماء الأرضي . Water table control





مميزات الري بالتنقيط / الميكرو:

- ١- انخفاض معدل إضافة المياه. ويؤدي ذلك الي الاستخدام الأمثل للمرشحات والمضخات والأنابيب وذلك لأن هذه الأجهزة تقدر سعتها علي أساس تصرف أقل وتستخدم لفترات زمنية أطول.
- ٢- انتظام توزيع المياه. حيث يتم توصيل المياه لكل نبات عبر شبكة الأنابيب.
- ٣- إضافة المياه مباشرة الي منطقة الجذور
- ٤- التحكم في مستوي ثابت للرطوبة في منطقة الجذور. حيث يتم الري علي فترات متقاربة.
- ٥- المساعدة في مكافحة الأمراض وعدم انتشارها. من الممكن إضافة الكيماويات مع المياه بدقة وسرعة وسهولة ولا يوجد جريان سطحي ولا انتقال للرذاذ كما هو الحال في الري بالرش.
- ٦- إمكانية ري الأراضي غير المستوية. حيث لا يتطلب تسوية كما هو الحال في الري السطحي.

٧- إمكانية ري الأراضي الثقيلة القوام والخفيفة القوام علي السواء. فالأراضي الثقيلة القوام بطيئة التسرب يناسبها معدل إضافة مياه منخفض أما الأراضي الخفيفة فلا تحتفظ بالرطوبة ويلانمها إضافة المياه علي فترات متقاربة.

٨- ترشيد استخدام المياه. حيث ان الاحتياجات المائية للمحصول تعتمد علي النسبة المئوية للمساحة الخضراء التي تغطي الارض و هي صغيره في حالة الفاكهه للصغيره و باندراوات المحاصيل التي تزرع على خطوط فان الري بالتنقيط يروى المحاصيل بكميه اقل من المياه بالمقارنه بالري بالرش والري السطحي . فالمساحة المبثله من الارض في الري بالتنقيط عاده اقل بكثير من طرق الري الاخرى حيث ان المساحة التي بين الاشجار لا تروى فمن الضروري ان لا تقل مساحه الابتلال عن ٣٣ % حيث ان النسبه تتراوح بين ٣٣% الي ٦٠ % .

٩- إضافة الأسمدة والكيماويات بكفاءة عالية. يعتبر الري بالتنقيط من اكثر الطرق فاعليه في اضافته الاسمده للتربه واستفادة النباتات منها لارتفاع كفاءه الري وقلة الفواقد فمما لا شك فيه ان قدره الري بالتنقيط على إضافة الاسمده على فترات متقاربه و في الوقت المناسب الي المحصول يساعد في الحصول على امثل نمو للنباتات . ففي التسميد بالري تعطي الأسمدة علي دفعات عديدة أكثر من الممكن اعطائها في حالة التسميد العادي بالأسمدة الصلبة الي جانب انها تعطي مباشرة الي منطقة الجذور وليس للأرض كلها وبالتالي ينخفض معدل الفقد من الأسمدة وترتفع كفاءتها. ويمكن من خلال التسميد بالري امداد النبات بالعناصر الغذائية بانتظام وفي الوقت المناسب لكل مرحلة من مراحل نمو النبات.

١٠- تحسين مقاومة النباتات للأملاح عن طريق حفظ مستوي الرطوبة مرتفع في منطقة الجذور. في المناطق الحاره ذات الرطوبه النسبيه المنخفضه قد يحدث احتراق لاوراق النباتات في حاله استخدام مياه ري مالحة في الري بالرش . ويختلف تأثير الاملاح على المحاصيل باختلاف المحصول و معدل اضافته مياه الري . اما في حاله الري بالتنقيط فان المياه لا تلمس الاوراق وبالتالي فان